ORGANISATION MÉTÉOROLOGIQUE MONDIALE

RÈGLEMENT TECHNIQUE

VOLUME III

Hydrologie

Édition 2006

Documents de base N° 2

OMM-N° 49

Secrétariat de l'Organisation météorologique mondiale – Genève – Suisse
2006

© 2006, Organisation météorologique mondiale

ISBN 92-63-25049-9

NOTE

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Secrétariat de l'Organisation météorologique mondiale aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

Édition 2006

TABLEAU POUR NOTER LES SUPPLÉMENTS

SUPPLÉMENT			
N°	*Daté du*	*Inséré dans la publication*	
		par	*date*
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

NOTE DE L'ÉDITEUR

La disposition typographique suivante a été adoptée:

Les pratiques et procédures *normalisées* ont été imprimées en romain mi-gras;

Les pratiques et procédures *recommandées* ont été imprimées en romain maigre (les *définitions* figurent en caractères plus grands);

Les *notes* ont été imprimées en petits caractères romain maigre et sont précédées de l'indication: NOTE.

Édition 2006

INTRODUCTION

1. Le *Règlement technique* de l'OMM (OMM-N° 49) est divisé en trois volumes:

Volume I — Pratiques météorologiques générales normalisées et recommandées

Volume II — Assistance météorologique à la navigation aérienne internationale

Volume III — Hydrologie.

But du Règlement technique

2. Le Règlement technique de l'Organisation météorologique mondiale est établi par le Congrès, conformément à l'article 8 *d*) de la Convention.

3. Les buts du présent Règlement sont les suivants:

a) Faciliter la coopération en matière de météorologie et d'hydrologie entre les Membres;

b) Répondre le plus efficacement possible, sur le plan international, aux besoins spécifiques des différents domaines d'application de la météorologie et de l'hydrologie; et

c) Assurer, d'une manière adéquate, l'uniformité et la normalisation des pratiques et procédures employées pour atteindre les buts *a)* et *b)*.

Catégories de règles et notes

4. Le Règlement technique comprend des pratiques et procédures *normalisées* et des pratiques et procédures *recommandées*.

5. Ces deux catégories de règles sont définies de la manière suivante:

Les pratiques et procédures *normalisées*:

a) Sont les pratiques et procédures qu'il est *nécessaire* que les Membres suivent ou appliquent; et, par conséquent,

b) Ont la même valeur juridique que les stipulations d'une résolution technique auxquelles les dispositions de l'article 9 *b*) de la Convention sont applicables;

c) Sont invariablement caractérisées par l'emploi du terme *shall* dans la version anglaise et de formes verbales équivalentes dans les versions arabe, chinoise, espagnole, française et russe.

Les pratiques et procédures *recommandées*:

a) Sont les pratiques et procédures qu'il est *souhaitable* que les Membres suivent ou appliquent; et, par conséquent,

b) Ont la même valeur juridique que les recommandations destinées aux Membres, auxquelles les dispositions de l'article 9 *b*) de la Convention ne sont pas applicables;

c) Sont caractérisées par l'emploi du terme *should* dans la version anglaise et de formes verbales équivalentes dans les versions arabe, chinoise, espagnole, française et russe, sauf lorsque le Congrès en aura expressément décidé autrement.

6. Conformément aux définitions ci-dessus, les Membres doivent faire tout leur possible pour appliquer les pratiques et procédures *normalisées*. En vertu de l'article 9 *b*) de la Convention et conformément aux dispositions de la règle 127 du Règlement général de l'OMM, les Membres doivent notifier expressément par écrit au Secrétaire général leur intention d'appliquer les pratiques et procédures *normalisées* du Règlement technique, à l'exception de celles pour lesquelles ils ont signalé des dérogations particulières. Les Membres informent également le Secrétaire général, au moins trois mois à l'avance, de tout changement apporté au degré d'application d'une *pratique ou procédure normalisée* annoncée précédemment et de la date à laquelle ce changement prend effet.

7. En ce qui concerne les pratiques et procédures *recommandées*, les Membres sont instamment priés de s'y conformer, mais ils ne sont toutefois pas tenus de signaler au Secrétaire général l'inobservation de l'une ou l'autre des règles de cette catégorie, excepté pour celles du chapitre C.3.1.

8. Afin de mettre en lumière la valeur juridique des diverses règles, les pratiques et procédures normalisées se distinguent des pratiques et procédures recommandées par une disposition typographique différente, indiquée dans la note de l'éditeur.

9. Certaines NOTES ont été insérées dans le Règlement technique. Ce sont des notes explicatives qui renvoient notamment aux publications pertinentes de l'OMM, guides et autres publications de caractère purement documentaire. Ces notes n'ont pas la valeur juridique des dispositions du Règlement technique. (Les guides de l'OMM indiquent les pratiques, les procédures et les spécifications que les Membres sont *invités* à suivre ou à appliquer lorsqu'ils prennent leurs dispositions pour se conformer au Règlement technique, de même que lorsqu'ils développent les services météorologiques et hydrologiques de leurs pays respectifs.)

Valeur juridique des annexes et des appendices

10. Les publications de l'OMM, autres que le *Règlement technique* (Volumes I à III), qui contiennent des textes réglementaires ont la valeur juridique du Règlement technique et sont des *annexes* de ce dernier. Ces annexes, habituellement aussi appelées *manuels*, sont établies par décision du Congrès et sont destinées à faciliter l'application du Règlement technique à des domaines spécifiques. En principe, les annexes peuvent contenir des pratiques et procédures tant normalisées que recommandées.

11. Les textes appelés *appendices* figurant dans le Règlement technique ou dans l'une de ses annexes ont la même valeur juridique que la partie du Règlement à laquelle ils se réfèrent.

Mise à jour du Règlement technique et de ses annexes

12. Le Règlement technique est mis à jour, s'il y a lieu, compte tenu des progrès réalisés en météorologie et en hydrologie, ainsi que dans les applications de la météorologie, et des perfectionnements apportés aux techniques météorologiques et hydrologiques. Certains principes qui ont été adoptés antérieurement par le Congrès et appliqués pour sélectionner les textes à inclure dans le Règlement technique sont rappelés ci-après. Ces principes servent à guider les organes constituants, notamment les commissions techniques, lorsqu'ils traitent des questions concernant le Règlement technique:

a) Les commissions techniques ne devraient pas recommander qu'une disposition du Règlement constitue une pratique *normalisée* si cette disposition n'est pas approuvée à une forte majorité;

b) Les dispositions du Règlement technique devraient comporter des instructions appropriées destinées aux Membres concernant l'application de la disposition prévue;

c) Aucun changement important ne devrait être apporté au Règlement technique sans que les commissions techniques compétentes aient été consultées;

d) Tout amendement proposé au Règlement technique par des Membres ou des organes constituants devrait être communiqué à tous les Membres, au moins trois mois avant d'être soumis au Congrès.

13. Les amendements au Règlement technique sont – en règle générale – approuvés par le Congrès.

14. Lorsqu'une commission technique compétente recommande un amendement au cours d'une de ses sessions et que la nouvelle règle doit être mise en œuvre avant la session suivante du Congrès, le Conseil exécutif peut, au nom de l'Organisation, approuver l'amendement conformément à l'article 14 *c*) de la Convention. Normalement, les amendements aux *annexes* du Règlement technique proposés par les commissions techniques compétentes sont approuvés par le Conseil exécutif.

15. Lorsqu'une commission technique compétente recommande un amendement dont la mise en œuvre est urgente, le Président de l'Organisation peut prendre les mesures nécessaires, au nom du Conseil exécutif, conformément à la règle 9, alinéa 5), du Règlement général.

16. En ce qui concerne les textes mis à jour pour la publication OMM-N° 49, les nouvelles éditions des Volumes I et III paraissent normalement après chaque session du Congrès (c'est-à-dire tous les quatre ans). Le texte du Volume II est préparé en étroite collaboration par l'Organisation météorologique mondiale et l'Organisation de l'aviation civile internationale, conformément aux arrangements de travail conclus par ces organisations; ceci s'applique également à la publication des nouvelles éditions du Volume II. Dans l'intervalle entre la publication de deux éditions successives, le *Règlement technique* est tenu à jour au moyen de suppléments selon les besoins.

Règlement technique concernant l'hydrologie

17. Le Volume III du *Règlement technique* présente les pratiques et procédures recommandées en hydrologie. Certaines des règles contenues dans le Volume I répondent aux besoins de l'hydrologie. Dans ce cas, les textes pertinents ont été reproduits ici.

18. Ce volume comprend une annexe intitulée «Instruments et méthodes d'observation hydrologique».

TABLE DES MATIÈRES

Page

Définitions ix

SECTION D — HYDROLOGIE

D.1 INFORMATION ET AVIS HYDROLOGIQUES

[D.1.1] **Chapitre D.1.1 — Réseaux et stations hydrologiques d'observation** ..... D.1.1 – 1

[D.1.1.] 1 Classification des stations hydrologiques d'observation ..... D.1.1 – 1
[D.1.1.] 2 Réseaux de stations hydrologiques d'observation ..... D.1.1 – 1
[D.1.1.] 3 Emplacement des stations hydrologiques d'observation ..... D.1.1 – 2
[D.1.1.] 4 Identification des stations hydrologiques d'observation ..... D.1.1 – 2
[D.1.1.] 5 Renseignements relatifs aux stations hydrologiques d'observation ..... D.1.1 – 2
[D.1.1.] 6 Inspection des stations hydrologiques d'observation ..... D.1.1 – 3
[D.1.1.] 7 Système d'observation hydrologique ..... D.1.1 – 3
[D.1.1.] 8 Fonctions et responsabilités des Services hydrologiques nationaux ..... D.1.1 – 3

[D.1.2] **Chapitre D.1.2 — Observations hydrologiques** ..... D.1.2 – 1

[D.1.2.] 1 Éléments à observer ..... D.1.2 – 1
[D.1.2.] 2 Programme d'observation et de transmission pour les stations hydrologiques d'observation ..... D.1.2 – 1
[D.1.2.] 3 Instruments et méthodes d'observation ..... D.1.2 – 2
[D.1.2.] 4 Rassemblement, traitement et publication des données hydrologiques ..... D.1.2 – 3
[D.1.2.] 5 Consignes de sécurité ..... D.1.2 – 5

Appendice — Symboles et unités ..... D.1.2 – 7

[D.1.3] **Chapitre D.1.3 — Prévisions et avis hydrologiques** ..... D.1.3 – 1

[D.1.3.] 1 Généralités ..... D.1.3 – 1
[D.1.3.] 2 Organisation des services ..... D.1.3 – 1
[D.1.3.] 3 Programme de prévision et d'avis ..... D.1.3 – 1

[D.1.4] **Chapitre D.1.4 — Transmission des données hydrologiques** ..... D.1.4 – 1

[D.1.4.] 1 Généralités ..... D.1.4 – 1
[D.1.4.] 2 Système et plan relatifs à la transmission des données ..... D.1.4 – 1
[D.1.4.] 3 Organisation de la transmission des données ..... D.1.4 – 1

[D.1.5] **Chapitre D.1.5 — Surveillance de la qualité des eaux** ..... D.1.5 – 1

[D.1.5.] 1 Généralités ..... D.1.5 – 1
[D.1.5.] 2 Programme de surveillance ..... D.1.5 – 1
[D.1.5.] 3 Objectifs de la surveillance ..... D.1.5 – 1
[D.1.5.] 4 Conception du réseau ..... D.1.5 – 1
[D.1.5.] 5 Paramètres de qualité de l'eau ..... D.1.5 – 1
[D.1.5.] 6 Prélèvement d'échantillons d'eau ..... D.1.5 – 1
[D.1.5.] 7 Sécurité sur le terrain ..... D.1.5 – 2

Page

D.2 **ASSISTANCE MÉTÉOROLOGIQUE À L'HYDROLOGIE**

[D.2.] 1 Généralités ..... D.2 – 1
[D.2.] 2 Observations météorologiques à des fins hydrologiques ..... D.2 – 1
[D.2.] 3 Prévisions et avis météorologiques pour l'hydrologie ..... D.2 – 2
[D.2.] 4 Publication et diffusion de données climatologiques à des fins hydrologiques ..... D.2 – 2

Appendice — Statistiques climatologiques ..... D.2 – 3

D.3 **BIBLIOGRAPHIE ET PUBLICATIONS HYDROLOGIQUES**

[D.3.] 1 Documents et résumés hydrologiques ..... D.3 – 1

Appendice — Classification décimale universelle pour l'hydrologie ..... D.3 – 3

Annexe — Instruments et méthodes d'observation hydrologique ..... III-An. – 1
Définitions ..... III-An. – 3
I — Étalonnage des moulinets en bassins découverts rectilignes ..... III-An. – 9
II — Appareils de mesure du niveau ..... III-An. – 13
III — Matériel de sondage et de suspension pour le mesurage direct de la profondeur ..... III-An. – 19
IV — Moulinets à coupelles et à hélices ..... III-An. – 23
V — Déversoirs préétalonnés pour la détermination du débit ..... III-An. – 25
VI — Installation et exploitation d'une station hydrométrique ..... III-An. – 27
VII — Détermination de la relation hauteur-débit ..... III-An. – 39
VIII — Calcul de l'erreur limite sur les mesures de débit ..... III-An. – 43
IX — Mesure de débit au moyen de canaux jaugeurs ..... III-An. – 47
X — Méthodes de dilution pour le mesurage du débit ..... III-An. – 51
XI — Mesures de la profondeur de l'eau – Écho-sondeurs ..... III-An. – 53
XII — Mesure de débit par la méthode du canot mobile ..... III-An. – 55
XIII — Surveillance de la qualité des eaux ..... III-An. – 57

DÉFINITIONS

Note d'introduction. La liste ci-après donne les définitions de différents termes employés dans le Volume III du *Règlement technique*. Certains de ces termes sont déjà définis dans le Volume I de ce Règlement ou dans le *Manuel du Système mondial d'observation* (OMM-N° 544) qui constitue l'Annexe V du Règlement technique de l'OMM, mais il a été jugé souhaitable, pour la commodité du lecteur, de les répéter dans le présent volume. Ces termes sont marqués d'un astérisque.

**** Altitude***. Distance verticale entre un niveau, un point ou un objet assimilé à un point, et le niveau moyen de la mer.

Apport latéral. Quantité d'eau arrivant dans une rivière, un lac ou un réservoir, le long d'un tronçon quelconque, et provenant de la partie du bassin versant attenant au tronçon.

Avis hydrologique. Information à caractère urgent concernant un événement hydrologique prévu et considéré comme dangereux.

Bassin versant. Ensemble de la région ayant un exutoire commun pour ses écoulements de surface.

Bilan d'eau. Inventaire des ressources en eau fondé sur le principe selon lequel, durant un certain intervalle de temps, la quantité totale d'eau entrant dans un bassin versant ou dans une masse d'eau donnée doit être égale à la quantité totale d'eau sortant de ce bassin plus le changement net de l'accumulation d'eau dans celui-ci.

Cheminement nivométrique. Ligne, tracée et jalonnée d'une façon permanente, le long de laquelle des échantillons de neige sont prélevés, ou la hauteur de la neige mesurée, à des stations séparées par des distances déterminées et à des moments appropriés.

Cote d'alerte. Niveau de l'eau égal au niveau de crue considéré comme dangereux ou proche de celui-ci, et à partir duquel il faudrait commencer à diffuser des avis.

Cote du zéro de l'échelle. Distance verticale entre le zéro de l'échelle et un niveau donné.

Courbe hauteur-débit. Courbe indiquant la relation entre la hauteur d'eau et le débit d'un cours d'eau au droit d'une station hydrométrique.

Cours d'eau important. Cours d'eau dont le débit annuel moyen à l'embouchure est supérieur à 100 m^3/s ou dont la superficie du bassin versant dépasse 100 000 km^2.

Couverture de neige. Neige accumulée au sol.

Crue éclair. Crue de courte durée caractérisée par un débit de pointe relativement élevé et dans laquelle l'intervalle de temps entre le phénomène causal observable et la crue est inférieur à quatre à six heures.

Débit. Volume d'eau qui traverse une section transversale par unité de temps.

Délai de prévision (ou d'avis). Intervalle de temps entre le moment où est diffusée une prévision (un avis) et le moment où est censé se manifester l'élément prévu.

Écoulement. Volume d'eau qui traverse une section transversale à surface libre par unité de temps.

Estuaire. Portion relativement large d'un cours d'eau proche de son embouchure, en amont de laquelle la hauteur est fonction du débit amont et en aval de laquelle la hauteur est fonction des marées et des ondes de la masse d'eau dans laquelle elle s'écoule.

Épaisseur du manteau neigeux. Distance verticale entre la surface d'une couche de neige et le sol, la couche étant supposée uniformément répartie sur le terrain qu'elle recouvre.

Équivalent en eau de la couverture de neige. Hauteur de la couche d'eau que l'on obtiendrait en faisant fondre la couverture de neige.

Erreur limite. Intervalle à l'intérieur duquel on peut espérer que se trouve la valeur vraie avec une probabilité donnée.

Formation aquifère. Formation géologique poreuse pouvant contenir de l'eau en quantité exploitable.

Grand fleuve. Fleuve dont le débit annuel moyen à l'embouchure est supérieur à 2 000 m^3/s ou dont la superficie du bassin versant dépasse 500 000 km^2.

Hauteur d'eau. Distance verticale entre la surface de l'eau d'un cours d'eau, d'un lac ou d'un réservoir et la cote zéro de l'échelle.

Hydrogramme. Courbe représentant les variations de la hauteur, du débit ou de la vitesse en fonction du temps, ou encore de certaines autres caractéristiques hydrologiques.

Inondation par ruissellement local. Inondation provenant de précipitations locales ou d'apports par ruissellement local que le réseau hydrographique et/ou le réseau de drainage ne parviennent pas à évacuer.

Message – avis hydrologique. Information concernant un phénomène hydrologique prévu et considéré comme potentiellement dangereux.

Mise à jour d'une prévision. Affinage d'une prévision à mesure que parviennent de nouvelles informations.

Niveau des eaux souterraines. Hauteur, à un certain endroit et à un certain moment, de la surface de la nappe phréatique ou de la surface piézométrique d'une formation aquifère.

Observation hydrologique. Mesure directe ou évaluation d'un ou de plusieurs éléments hydrologiques tels que la hauteur d'eau, le débit, la température de l'eau, etc.

**** Observation météorologique (Observation)***. Mesure ou évaluation d'un ou de plusieurs éléments météorologiques.

Onde de tempête. Différence entre le niveau effectif de l'eau subissant l'influence d'une perturbation météorologique et le niveau qui devrait exister en l'absence de cette perturbation.

Parcours journalier du vent. Distance obtenue par intégration de la vitesse du vent, mesurée au point d'observation, sur un intervalle de 24 heures.

Précision de l'observation ou de la lecture. La plus petite unité de division d'une échelle de mesure qu'il est possible d'apprécier, soit directement, soit par estimation.

Prévision de l'approvisionnement en eau. Prévision du volume d'eau disponible dans un intervalle de temps et en un lieu donnés (si possible avec la distribution dans le temps et les probabilités associées).

Prévision de l'état des glaces. Énoncé de l'évolution de l'état des glaces prévue pour une période donnée et un endroit donné.

Prévision hydrologique. Exposé des conditions hydrologiques prévues pour une période définie et pour un endroit déterminé.

Prévision hydrologique à court terme. Prévision de la valeur future d'un élément du régime d'une masse d'eau couvrant une période inférieure ou égale à deux jours à compter de la date d'émission.

Prévision hydrologique à long terme. Prévision de la valeur future d'un élément du régime d'une masse d'eau au-delà du dixième jour suivant la date d'émission.

Prévision hydrologique à moyen terme. Prévision de la valeur future d'un élément du régime d'une masse d'eau couvrant une période comprise entre le deuxième et le dixième jour suivant la date d'émission.

Prévision hydrologique saisonnière. Prévision de la valeur future d'un élément du régime d'une masse d'eau pour une saison (couvrant généralement une période de plusieurs mois ou davantage).

**** Prévision météorologique (Prévision)***. Exposé de conditions météorologiques prévues pour une heure ou une période définie et pour une zone ou une partie d'espace aérien déterminée.

Sécheresse hydrologique. Période anormalement sèche, suffisamment prolongée pour entraîner une diminution ou un abaissement significatif de l'écoulement des cours d'eau, des niveaux des lacs et/ou des nappes souterraines, les amenant à des valeurs inférieures à la normale, et/ou un assèchement anormal du sol.

**** Station automatique***. Station où des instruments effectuent et transmettent ou enregistrent des observations automatiquement, le chiffrement des messages d'observation étant fait, si nécessaire, soit directement à la station, soit dans une station de mise en forme.

**** Station climatologique***. Station qui fournit des données climatologiques.

Station climatologique de référence. Station climatologique dont les données doivent permettre de déterminer les tendances climatiques. À cet effet, il faut disposer de séries d'observations homogènes portant sur de longues périodes (au moins 30 ans), effectuées en des emplacements où des modifications du milieu dues aux activités de l'homme se sont rarement produites et ont peu de chance de se produire. Dans l'idéal, les relevés devraient porter sur une période assez longue pour permettre de déceler les changements séculaires du climat.

**** Station climatologique destinée à des fins hydrologiques.*** Station climatologique installée spécialement dans un bassin versant pour renforcer le réseau climatologique existant en vue de satisfaire aux besoins en matière d'hydrologie.

**** Station climatologique destinée à des fins particulières***. Station climatologique établie pour l'observation d'un ou de plusieurs éléments déterminés.

**** Station climatologique ordinaire.*** Station climatologique où l'on procède, au moins une fois par jour, à des observations ainsi qu'au relevé des maximums et des minimums quotidiens de la température et des valeurs quotidiennes de la précipitation.

**** Station climatologique principale***. Station climatologique où l'on procède à des relevés horaires, ou à laquelle des observations sont faites au moins trois fois par jour, en plus des relevés horaires établis à partir de données enregistrées automatiquement.

Station d'observation des eaux souterraines. Station où sont effectués des relevés sur un ou plusieurs des éléments suivants relatifs aux eaux souterraines: niveau de l'eau, température de l'eau, autres propriétés physiques et chimiques de l'eau, vitesse et volume de prélèvement et/ou d'alimentation.

Station hydrologique destinée à des fins particulières. Station hydrologique établie pour l'observation d'un ou de plusieurs éléments déterminés en vue de l'étude de phénomènes hydrologiques.

Station hydrologique d'observation. Lieu où sont effectuées des observations hydrologiques ou des observations climatologiques à des fins hydrologiques.

Station hydrométrique. Station où sont effectués des relevés sur un ou plusieurs des éléments suivants relatifs aux eaux des rivières, des lacs et des réservoirs: hauteur d'eau, débit, transport de sédiments et dépôt, température et autres propriétés physiques de l'eau, caractéristiques du champ de glace et propriétés chimiques de l'eau.

Station hydrométrique principale. Station hydrométrique où sont observés, pendant de nombreuses années, un ou plusieurs éléments, compte tenu de l'influence de ces éléments sur le milieu ambiant. Cette station est généralement équipée d'enregistreurs.

Station hydrométrique secondaire. Station hydrométrique établie seulement pour un nombre limité d'années afin de compléter le réseau de base des stations hydrométriques principales.

**** Station d'observation pluviométrique***. Station où seules les précipitations sont mesurées.

Vérification des prévisions. Détermination de l'exactitude des prévisions par l'analyse statistique des erreurs de prévision.

Zone inondée. Zone couverte d'eau lorsque le débit dépasse la capacité du chenal ou par suite de l'établissement d'un barrage en aval.

SECTION D

HYDROLOGIE

D.1 — INFORMATION ET AVIS HYDROLOGIQUES

Chapitre D.1.1 — Réseaux et stations hydrologiques d'observation

Chapitre D.1.2 — Observations hydrologiques

Chapitre D.1.3 — Prévisions et avis hydrologiques

Chapitre D.1.4 — Transmission des données hydrologiques

Chapitre D.1.5 — Surveillance de la qualité des eaux

D.2 — ASSISTANCE MÉTÉOROLOGIQUE À L'HYDROLOGIE

D.3 — BIBLIOGRAPHIE ET PUBLICATIONS HYDROLOGIQUES

D.1 — INFORMATION ET AVIS HYDROLOGIQUES

CHAPITRE D.1.1

RÉSEAUX ET STATIONS HYDROLOGIQUES D'OBSERVATION

[D.1.1.] 1

Classification des stations hydrologiques d'observation

[D.1.1.] 1.1

Les stations hydrologiques d'observation devraient être classées comme suit:

a) Stations hydrométriques;

b) Stations d'observation des eaux souterraines;

c) Stations climatologiques et stations d'observation pluviométrique destinées à des fins hydrologiques;

d) Stations hydrologiques destinées à des fins particulières.

NOTE: Toute station peut appartenir à plusieurs des catégories énumérées ci-dessus.

[D.1.1.] 1.2

Les stations climatologiques destinées à des fins hydrologiques devraient être classées comme suit:

a) Stations climatologiques de référence;

b) Stations climatologiques principales;

c) Stations climatologiques ordinaires;

d) Stations climatologiques destinées à des fins particulières.

NOTES:

a) Les définitions des stations énumérées ci-dessus figurent dans la rubrique «Station climatologique», dans l'appendice du Volume I du *Manuel du Système mondial d'observation* (OMM-N° 544).

b) Une station peut appartenir à plusieurs des catégories énumérées ci-dessus.

[D.1.1.] 1.3

Les stations hydrologiques destinées à des fins particulières devraient comprendre les stations dont les données sont nécessaires ou sont utilisées à des fins telles que celles qui sont énumérées ci-après:

a) Détermination du bilan hydrologique des bassins versants, des lacs, des réservoirs ou des glaciers;

b) Mesure des vagues et des courants dans les lacs et les réservoirs;

c) Mesure de l'évaporation et de l'évapotranspiration;

d) Mesure de l'humidité du sol;

e) Détermination des propriétés physiques et chimiques de l'eau.

NOTE: Toute station hydrologique destinée à des fins particulières peut servir à plus d'une des fins précitées.

[D.1.1.] 2

Réseaux de stations hydrologiques d'observation

NOTE: Des directives détaillées sur la planification des réseaux, y compris la densité, figurent dans le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168).

[D.1.1.] 2.1

Chaque Membre devrait établir sur son territoire un réseau de stations hydrologiques d'observation.

NOTE: Pour la planification des réseaux hydrométriques, on peut se fonder sur le principe d'une subdivision en stations principales et stations secondaires.

[D.1.1.] 2.2

La densité du réseau de stations hydrologiques d'observation devrait être suffisante pour permettre d'évaluer, avec la précision qui convient à son objet, les éléments du cycle hydrologique et les autres caractéristiques hydrologiques de n'importe quelle région.

[D.1.1.] 2.3

Dans la planification des réseaux de stations hydrologiques d'observation, il faudrait tenir compte des besoins concernant les études ou programmes à l'échelle mondiale ou régionale. À cet égard, toutes les rivières dont le débit annuel moyen à l'embouchure est supérieur à 100 m^3/s ou dont la superficie du bassin versant dépasse 100 000 km^2 devraient faire l'objet de mesure.

[D.1.1.] 2.4

Dans la planification des réseaux de stations hydrologiques d'observation installés sur des bassins versants internationaux, il faudrait tenir compte des besoins des divers Membres intéressés.

[D.1.1.] 2.5

Des observations de l'épaisseur du manteau neigeux et de l'équivalent en eau de la couverture de neige devraient être

effectuées à un certain nombre de stations climatologiques destinées à des fins hydrologiques.

[D.1.1.] 3

Emplacement des stations hydrologiques d'observation

[D.1.1.] 3.1

Chaque station devrait être établie en un lieu où il est possible d'exposer et de faire fonctionner correctement les instruments et d'effectuer de façon satisfaisante les relevés de ceux-ci, ainsi que les observations ne nécessitant pas l'emploi d'instruments.

[D.1.1.] 3.2

Chaque station hydrométrique, ainsi que chaque station d'observation des eaux souterraines, devrait être située en un lieu et dans des conditions permettant d'assurer l'exploitation régulière de la station durant une période d'au moins 10 ans, à moins qu'elle ne soit destinée à une fin particulière qui justifie son fonctionnement pendant un laps de temps plus court.

[D.1.1.] 3.3

Les stations climatologiques destinées à des fins hydrologiques devraient être situées conformément aux indications figurant aux paragraphes 2.8.5, 2.8.6 et 2.8.7 de la partie III du Volume I du *Manuel du Système mondial d'observation* (OMM-N° 544).

NOTE: Pour plus de commodité, le libellé des paragraphes 2.8.5, 2.8.6 et 2.8.7 de la partie III du Volume I du *Manuel du Système mondial d'observation* est reproduit ci-dessous.*

[D.1.1.] 3.4

Chaque station hydrologique destinée à des fins particulières devrait être située en un lieu et dans des conditions permettant d'assurer correctement son exploitation durant la période requise.

[D.1.1.] 4

Identification des stations hydrologiques d'observation

Une station hydrologique d'observation devrait être identifiée par son nom et ses coordonnées géographiques et, suivant le cas, par le nom de la rivière, du plus important bassin fluvial, du lac, du réservoir ou de la formation aquifère où elle est située.

NOTE: Le système des indicatifs de stations utilisé dans les codes hydrologiques internationaux de l'OMM pour les stations hydrologiques d'observation est indiqué dans l'Annexe II du Règlement technique (*Manuel des codes* (OMM-N° 306), Volume I.1).

[D.1.1.] 5

Renseignements relatifs aux stations hydrologiques d'observation

[D.1.1.] 5.1

Chaque Membre devrait tenir à jour un répertoire de ses stations hydrométriques, de ses stations d'observation des eaux souterraines et de ses stations hydrologiques destinées à des fins particulières. Ce répertoire devrait contenir pour chaque station les renseignements suivants, le cas échéant:

a) Nom du bassin fluvial, nom de la rivière, du lac, du réservoir ou de la formation aquifère, nom et coordonnées géographiques de la station;

b) Cote du zéro de l'échelle pour les observations du niveau de l'eau et/ou altitude de la station et système géodésique de référence;

c) Altitude de la surface du sol au puits utilisé pour l'observation des eaux souterraines;

d) Type de station (jaugeage des cours d'eau, jaugeage des lacs, observation des eaux souterraines, humidité du sol, précipitations, neige, évaporation, sédiments et qualité chimique de l'eau);

e) Éléments observés;

f) Instruments utilisés, programme d'observation et heures des observations;

g) Superficie du bassin versant en amont de la station en km^2;

h) Information sur le contrôle et la régularisation artificiels du débit ou de la hauteur d'eau, ainsi que sur les conditions ayant trait aux glaces;

i) Historique de la station précisant les dates du début, de la fin ou de l'interruption des relevés, les changements apportés au nom de la station, les modifications survenues dans les instruments ou dans le programme d'observation, les changements apportés aux unités de mesure et les renseignements sur l'alimentation ainsi que sur les eaux prélevées ou restituées figurant ou non parmi les données d'observation, selon le cas;

j) Nom de l'organisation ou de l'institution qui exploite la station et dont celle-ci dépend;

k) Renseignements relatifs aux caractéristiques du bassin versant ou du bassin hydrogéologique, notamment en ce qui concerne l'altitude, la topographie, la géologie, l'hydrogéologie, la végétation, le développement urbain, la mise en valeur des principales ressources en eau et le drainage, selon le cas.

[D.1.1.] 5.2

Les renseignements concernant les stations climatologiques d'observation destinées à des fins hydrologiques devraient

---

* 2.8 Stations climatologiques

2.8.5 Chaque station climatologique devrait être établie en un lieu et dans des conditions permettant son exploitation régulière pendant au moins 10 ans et assurant la constance de l'exposition pendant une période prolongée, à moins qu'elle ne soit destinée à une fin particulière qui justifie son fonctionnement pendant un laps de temps plus court.

2.8.6 Chaque station climatologique de référence devrait être située en un lieu jouissant d'une exposition convenable et constante qui permette d'effectuer des observations dans des conditions représentatives. Les environs de la station ne devraient subir aucune transformation risquant de compromettre l'homogénéité des séries d'observations.

2.8.7 L'altitude d'une station climatologique devrait être indiquée au multiple de cinq mètres près, au moins, sauf pour les stations avec baromètre dont l'altitude devrait être indiquée au mètre près.

être répertoriés conformément aux indications figurant au paragraphe 2.8.4 de la partie III du Volume I du *Manuel du Système mondial d'observation* (OMM-N° 544).

NOTE: Pour plus de commodité, le libellé du paragraphe 2.8.4 de la partie III du Volume I du *Manuel du Système mondial d'observation* est reproduit ci-dessous.*

[D.1.1.] 6

Inspection des stations hydrologiques d'observation

[D.1.1.] 6.1

Chaque Membre devrait prendre des dispositions pour que ses stations hydrométriques et ses stations d'observation des eaux souterraines soient inspectées au moins tous les six mois, de manière à assurer le bon fonctionnement des instruments et la qualité des observations. La cote du zéro de l'échelle de chaque station hydrométrique et de chaque station d'observation des eaux souterraines devrait être vérifiée au moins une fois par an.

NOTE: Ces inspections n'ont rien à voir avec les inspections et les travaux d'entretien habituels des instruments et des stations absolument nécessaires au bon fonctionnement quotidien des installations.

[D.1.1.] 6.2

L'inspection des stations climatologiques destinées à des fins hydrologiques devrait être organisée conformément aux indications figurant au paragraphe 3.1.9 de la partie III du Volume I du *Manuel du Système mondial d'observation* (OMM-N° 544).

NOTE: Pour plus de commodité, le libellé du paragraphe 3.1.9 de la partie III du Volume I du *Manuel du Système mondial d'observation* est reproduit ci-dessous.**

---

* 2.8 Stations climatologiques

2.8.4 Chaque Membre établit et tient à jour un répertoire des stations climatologiques établies sur son territoire. Ce répertoire devrait contenir pour chaque station les renseignements suivants, généralement appelés métadonnées:

a) Nom et coordonnées géographiques;
b) Altitude de la station;
c) Brève description de la topographie locale;
d) Catégorie à laquelle appartient la station et programme d'observation;
e) Exposition des instruments, notamment les hauteurs au-dessus du sol des thermomètres, pluviomètres et anémomètres;
f) Historique de la station (dates du début des relevés, changements de site de la station, cessation ou suspension des observations, changements de nom de la station et toutes modifications importantes du programme d'observation);
g) Nom de l'organisation ou de l'institution dont dépend la station;
h) Niveau de référence auquel se rapportent les données de la pression atmosphérique de la station.

** 3.1.9 Les stations climatologiques principales devraient être inspectées au moins une fois par an et les stations climatologiques ordinaires et pluviométriques au moins une fois tous les trois ans. Dans la mesure du possible, les inspections devraient être réalisées de temps à autre en hiver.

[D.1.1.] 6.3

L'inspection des stations hydrologiques destinées à des fins particulières devrait être organisée de manière à répondre aux besoins d'études déterminées.

[D.1.1.] 7

Système d'observation hydrologique

[D.1.1.] 7.1

Un système d'observation hydrologique devrait mettre en jeu un réseau de stations hydrologiques d'observation, des observateurs, des dispositifs d'observation, des méthodes et des procédures d'observation, ainsi que des liaisons de télécommunications. Il devrait fournir des observations hydrologiques selon un plan donné.

[D.1.1.] 7.2

Le plan des observations hydrologiques devrait, en général, comprendre tous les principaux éléments du bilan hydrique, quantitatifs et qualitatifs (y compris l'inspection du lit des cours d'eau et la mesure du transport de sédiments).

[D.1.1.] 7.3

Chaque Membre devrait établir et exploiter un système d'observation hydrologique conformément aux besoins nationaux.

[D.1.1.] 7.4

Le système d'observation hydrologique devrait être examiné et revisé selon les besoins.

[D.1.1.] 8

Fonctions et responsabilités des Services hydrologiques nationaux

[D.1.1.] 8.1

Généralités

Chaque Membre devrait se doter d'une infrastructure nationale pour l'acquisition, l'archivage et la diffusion des données et de l'information hydrologiques nécessaires à une mise en valeur et à une gestion de ses ressources en eau, ainsi qu'à l'atténuation des risques liés à l'eau.

NOTE: Le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168) contient des instructions détaillées sur l'acquisition des données et de l'information hydrologiques.

[D.1.1.] 8.2

Organisation

Des dispositions devraient être prises, en fonction du système de gouvernement et des caractéristiques socio-économiques et géographiques de chaque pays Membre, en vue d'assurer une coordination et une communication efficaces et rationnelles entre les fournisseurs et les utilisateurs des données et de l'information hydrologiques. Lorsque plusieurs organismes et/ou niveaux de décisions et de responsabilités se partagent la charge de fournir ou d'utiliser les renseignements, les mesures administratives et juridiques voulues devraient être prises pour établir clairement responsabilités et relations et coordonner leurs efforts.

NOTE: Les publications OMM-N° 461 (*Casebook of Examples of Organization and Operation of Hydrological Services*) et OMM/TD-N° 602 (*The Legal Basis and Role of Hydrological Services*) contiennent des exemples des méthodes à suivre pour l'acquisition des données et de l'information hydrologiques.

[D.1.1.] 8.3

Fonctions

En général, les fonctions courantes des Services hydrologiques nationaux devraient être les suivantes:

a) Assurer la coordination des organismes chargés d'acquérir et/ou d'utiliser les données et l'information hydrologiques;

b) Recenser les besoins des utilisateurs effectifs ou potentiels des données et de l'information hydrologiques, y compris les besoins des autres organisations qui rassemblent des données écologiques et des données d'impact sur l'environnement dans le domaine de l'utilisation des sols et des changements climatiques;

c) Fixer les normes applicables aux données (exactitude, précision, fréquence, accessibilité, etc.), en fonction des besoins établis;

d) Concevoir, mettre en place et exploiter les réseaux hydrométriques pour la mesure des divers paramètres utiles. Il peut falloir établir à la fois des réseaux spécialisés et des réseaux de base pouvant se compléter ou même faire double emploi et qu'il serait donc bon d'intégrer;

e) Évaluer le degré d'efficacité du réseau actuel, de manière à s'assurer que les données et l'information recueillies permettent de satisfaire les besoins des usagers;

f) Mettre en train un programme de garantie de qualité, portant entre autres sur la qualification du personnel, la formation et le perfectionnement, la documentation relative aux méthodes et procédures de collecte et d'analyse des données, l'acquisition et l'étalonnage des appareils ainsi que l'examen et l'approbation des rapports;

g) Mettre au point des méthodes pour extrapoler des données provenant d'une station de mesure aux endroits ou aux régions pour lesquels elles sont supposées être représentatives;

h) Recueillir les données et contrôler la qualité des opérations de collecte en inspectant les installations et en vérifiant les pratiques d'exploitation;

i) Rassembler les données et l'information hydrologiques provenant d'organisations non gouvernementales, internationales et privées, et veiller à ce qu'elles soient accessibles;

j) Transmettre, traiter et archiver les données et assurer le contrôle de la qualité et la sécurité des données archivées;

k) Faire le nécessaire pour que les utilisateurs aient accès aux données en respectant leurs exigences quant à l'heure, le lieu et la forme, par le biais, notamment, des mesures suivantes:
   i) Diffusion des prévisions et avis hydrologiques;
   ii) Publication d'annuaires de données de base, sur papier, sur microfiches ou sous une forme lisible par ordinateur;
   iii) Rédaction de rapports sur les ressources en eau, comprenant une analyse complète des données. Cela peut inclure les atlas hydrologiques ou les bases de données dans les systèmes d'information géographique;
   iv) Publication de documents d'information ou de matériel didactique s'adressant au grand public, aux médias ou aux écoles;
   v) Diffusion d'informations utilisables dans la conception;
   vi) Aide aux centres mondiaux de données ainsi qu'aux programmes et projets internationaux;

l) Informer les utilisateurs potentiels des renseignements mis à leur disposition et les aider à les utiliser au mieux;

m) Adapter ou mettre au point de nouvelles méthodes et techniques touchant:
   i) La conception de réseaux;
   ii) Les instruments et méthodes d'observation;
   iii) La transmission et le traitement des données;
   iv) La prévision hydrologique;
   v) L'analyse, l'interprétation et la présentation des données;

n) Conduire des recherches sur les processus hydrologiques et connexes, afin d'aider les utilisateurs à interpréter et à comprendre les données;

o) Engager du personnel qualifié et assurer sa formation et son perfectionnement;

p) Collaborer avec les organismes chargés d'acquérir des informations sur l'eau ou dans des domaines connexes: quantité d'eau, qualité de l'eau, sédiments, hydrogéologie, utilisation de l'eau, topographie et utilisation des sols, météorologie, etc.;

q) Participer, conjointement avec les organismes étrangers œuvrant dans le secteur de l'eau, aux programmes et projets internationaux;

r) Fournir des informations hydrologiques à insérer dans les rapports périodiques des divers pays sur l'état de l'environnement;

s) Procéder à des études d'évaluation des ressources en eau à des fins de développement;

t) Participer à la conception, à la mise au point et à la gestion de projets concernant les ressources en eau.

CHAPITRE D.1.2

OBSERVATIONS HYDROLOGIQUES

[D.1.2.] 1

Éléments à observer

[D.1.2.] 1.1

Les observations faites dans une station hydrométrique devraient porter sur l'un ou plusieurs des éléments suivants:

a) Hauteur d'eau de la rivière, du lac ou du réservoir;

b) Débit;

c) Transport de sédiments et/ou dépôt;

d) Température et autres propriétés physiques de l'eau des rivières, des lacs ou des réservoirs;

e) Caractéristiques et étendue du champ de glace sur les rivières, les lacs et les réservoirs;

f) Propriétés chimiques et biologiques de l'eau des rivières, des lacs où des réservoirs.

[D.1.2.] 1.2

Les observations faites dans une station climatologique destinée à des fins hydrologiques devraient porter sur un ou plusieurs des éléments nécessaires pour évaluer quantitativement les phases atmosphériques du cycle hydrologique, à savoir:

a) Précipitations:
- i) Quantité;
- ii) Heure d'occurrence;
- iii) Forme (par exemple pluie, neige, pluie et neige mêlées);
- iv) Caractère (continu, par intermittence, averses éparses, etc.);
- v) Intensité;

b) Température de l'air (y compris les températures extrêmes);

c) Humidité de l'air;

d) Vent — vitesse et direction (moyenne sur 10 minutes);
— parcours journalier;

e) Nébulosité et genre de nuages;

f) Couverture de neige:
- i) Épaisseur du manteau neigeux;
- ii) Densité;
- iii) Équivalent en eau;

g) Évaporation (mesurée au moyen d'un bac);

h) Rayonnement solaire;

i) Insolation;

j) Température du sol;

k) Pression atmosphérique;

l) Humidité du sol.

[D.1.2.] 1.3

Les observations effectuées par les stations d'observation des eaux souterraines devraient porter sur l'un ou plusieurs des éléments suivants:

a) Niveau de l'eau;

b) Température de l'eau et autres propriétés physiques de l'eau;

c) Propriétés chimiques;

d) Vitesse et volume de prélèvement ou d'alimentation.

[D.1.2.] 1.4

Les observations faites dans une station hydrologique destinée à des fins particulières devraient porter sur les éléments correspondant aux buts visés par la station (voir [D.1.1.] 1.3), notamment sur certains des éléments indiqués sous [D. 1.2.] 1.1 et [D.1.2] 1.2.

[D.1.2.] 2

Programme d'observation et de transmission pour les stations hydrologiques d'observation

NOTE: En plus des règles énoncées dans cette section, des directives détaillées concernant les programmes d'observation figurent dans le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168).

[D.1.2.] 2.1

Lorsqu'on ne dispose pas d'enregistreurs automatiques, l'observation des éléments à des fins hydrologiques devrait être faite à intervalles réguliers déterminés suivant les éléments et les objectifs.

[D.1.2.] 2.2

En général, dans un bassin versant, les heures d'observation devraient être uniformes.

[D.1.2.] 2.3

Lorsque les rivières sont en crue ou pour les stations à contrôle variable, des mesures spéciales devraient être faites à intervalles suffisamment fréquents pour déterminer l'hydrogramme.

[D.1.2.] 2.4

L'intervalle de transmission des données relatives à la hauteur d'eau d'un cours d'eau, d'un lac ou d'un réservoir devrait être fixé de manière à répondre aux besoins prévus de l'exploitation.

[D.1.2.] 2.5

En cas de montée subite et dangereuse des eaux d'une rivière, des observations devraient être faites et transmises dès que possible sans qu'il soit tenu compte de l'heure d'observation habituelle, de manière à répondre aux besoins prévus de l'exploitation.

[D.1.2.] 2.6

Le programme d'observation et de transmission des stations climatologiques destinées à des fins hydrologiques devrait être exécuté conformément aux indications données aux paragraphes 2.8.12, 2.8.13 et 2.8.14 de la partie III du Volume I du *Manuel du Système mondial d'observation* (OMM-N° 544).

NOTE: Pour plus de commodité, le libellé des paragraphes 2.8.12, 2.8.13 et 2.8.14 de la partie III du Volume I du *Manuel du Système mondial d'observation* est reproduit ci-dessous.*

[D.1.2.] 2.7

Les renseignements hydrologiques échangés à des fins internationales devraient être rédigés en langage clair ou chiffrés dans les formes symboliques appropriées mises au point par accord bilatéral ou multilatéral.

NOTE: La règle qui régit l'échange des renseignements chiffrés dans les formes symboliques internationales (*Règlement technique*, Volume I (édition 1988), règle [A.2.3.] 1.1.1) est reproduite ci-dessous.**

---

* 2.8. Stations climatologiques

2.8.12 Chaque Membre devrait prendre des dispositions pour que, dans toute station climatologique, les observations soient faites à heures fixes, sans modification en cours d'année, soit sur la base du temps universel coordonné (UTC), soit sur la base du temps moyen local.

2.8.13 Lorsque deux ou plusieurs observations météorologiques sont faites par une station climatologique, les heures d'observation devraient être fixées de façon à refléter les variations diurnes importantes des éléments climatiques.

2.8.14 Lorsque les heures des observations climatologiques sont modifiées dans un réseau, des observations simultanées devraient être faites par un nombre réduit de stations représentatives durant une période comprenant les saisons climatiques principales de la région, aux anciennes et aux nouvelles heures d'observation.

** [A.2.3.] 1.1.1
Les renseignements chiffrés échangés à des fins internationales le sont dans les formes symboliques internationales appropriées, telles qu'elles sont spécifiées dans l'Annexe II (*Manuel des codes* (OMM-N° 306), Volume I).

NOTE: Les renseignements chiffrés échangés uniquement entre deux Membres peuvent l'être dans d'autres formes convenues par accord bilatéral.

[D.1.2.] 3

Instruments et méthodes d'observation

NOTE: En plus des règles énoncées dans cette section, des directives détaillées concernant l'équipement et les méthodes d'observation figurent dans le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168).

[D.1.2.] 3.1

Chaque Membre devrait équiper ses stations d'instruments convenablement étalonnés et prendre toutes dispositions pour que ces stations utilisent des techniques d'observation et de mesure adéquates, afin d'assurer que les mesures et observations des divers éléments hydrologiques sont suffisamment précises pour satisfaire aux besoins de l'hydrologie.

[D.1.2.] 3.1.1

Les spécifications relatives aux installations, à l'équipement et à la procédure à utiliser pour l'étalonnage des moulinets devraient être celles indiquées dans l'annexe, section I — Étalonnage des moulinets en bassins découverts rectilignes.

[D.1.2.] 3.1.2

Les dispositifs servant à mesurer le niveau d'eau devraient être conformes aux spécifications de l'annexe, section II — Appareils de mesure du niveau.

[D.1.2.] 3.1.3

Le matériel servant à mesurer la profondeur de l'eau et à suspendre les moulinets et les appareils d'échantillonnage des sédiments devrait être conforme aux spécifications de l'annexe, section III — Matériel de sondage et de suspension pour le mesurage direct de la profondeur, et section XI — Mesures de la profondeur de l'eau – Échosondeurs.

[D.1.2.] 3.1.4

Les conditions de fonctionnement, de construction, d'étalonnage et d'entretien des appareils de mesurage de la vitesse munis d'un élément rotatif devraient être celles qui sont indiquées dans l'annexe, section IV — Moulinets à coupelles et à hélices.

[D.1.2.] 3.1.5

Les conditions nécessaires au mesurage du débit à l'aide de déversoirs devraient être celles qui sont indiquées dans l'annexe, section V — Déversoirs préétalonnés pour la détermination du débit.

[D.1.2.] 3.1.6

Une mesure de débit, au moyen de canaux jaugeurs devrait être réalisée dans les conditions indiquées dans l'annexe, section IX — Mesure de débit au moyen de canaux jaugeurs.

[D.1.2.] 3.1.7

Les méthodes de dilution pour le mesurage du débit dans les canaux découverts devraient être utilisées dans les conditions indiquées dans l'annexe, section X — Méthodes de dilution pour le mesurage du débit.

[D.1.2.] 3.1.8

La mesure du débit par la méthode du canot mobile devrait être effectuée dans les conditions et avec l'équipement décrits dans l'annexe, section XII — Mesure de débit par la méthode du canot mobile.

[D.1.2.] 3.2

Chaque Membre devrait avoir accès à un laboratoire d'analyse des sédiments, équipé pour remplir deux fonctions principales:

a) Détermination des concentrations de sédiments en suspension dans les échantillons d'eau recueillis dans les cours d'eau;

b) Détermination de la distribution des particules constituant les sédiments en suspension, les matériaux du lit ainsi que les dépôts dans les réservoirs.

[D.1.2.] 3.3

La méthode de mesure du débit à une station nouvellement installée devrait être choisie sur la base des caractéristiques du débit à cet endroit, déterminées en fonction d'observations sur la vitesse de l'eau le long de diverses verticales d'une section transversale et à des profondeurs différentes sur chaque verticale.

[D.1.2.] 3.3.1

Les stations hydrométriques pour la mesure du débit devraient être installées et exploitées conformément aux spécifications de l'annexe, section VI — Installation et exploitation d'une station hydrométrique.

[D.1.2.] 3.4

Le nombre de mesures du débit à effectuer à une station de jaugeage d'un cours d'eau devrait être suffisant pour permettre de tracer la courbe hauteur-débit de la station, à tout moment.

[D.1.2.] 3.4.1

Pour déterminer la relation hauteur-débit (courbe hauteur-débit) à une station, il faudrait appliquer les méthodes indiquées dans l'annexe, section VII — Détermination de la relation hauteur-débit.

[D.1.2.] 3.5

L'erreur limite sur l'observation des niveaux d'eau des rivières, des estuaires, des lacs, des réservoirs et des nappes souterraines ne devrait pas dépasser:

a) En général 10 mm pour un niveau de confiance de 95 %;

b) Dans des conditions difficiles, 20 mm pour un niveau de confiance de 95 %.

[D.1.2.] 3.6

Le débit des cours d'eau devrait être mesuré avec une précision en fonction de l'importance du débit et des conditions locales. Le pourcentage de l'erreur limite sur la mesure du débit ne devrait pas dépasser:

a) En général 5 % pour un niveau de confiance de 95 %;

b) Dans des conditions difficiles, 10 % pour un niveau de confiance de 95 %.

[D.1.2.] 3.7

Les méthodes permettant de calculer l'erreur limite sur les mesures de débit devraient être conformes aux spécifications de l'annexe, section VIII — Calcul de l'erreur limite sur les mesures de débit.

[D.1.2.] 3.8

L'erreur limite sur l'observation de la température des rivières, des lacs, des réservoirs et des eaux souterraines ne devrait pas dépasser:

a) En général 0,1 °C pour un niveau de confiance de 95 %;

b) Dans des conditions difficiles, 0,5 °C pour un niveau de confiance de 95 %.

[D.1.2.] 3.9

Dans les stations climatologiques destinées à des fins hydrologiques, les observations devraient être effectuées avec la précision généralement requise pour ces types d'observation.

NOTE: Des directives détaillées concernant les instruments et les méthodes d'observation utilisés dans les stations climatologiques figurent dans le *Guide des instruments et des méthodes d'observation météorologiques* (OMM-N° 8).

[D.1.2.] 3.10

Les mesures de l'épaisseur et de l'équivalent en eau de la couverture de neige devraient être faites dans des zones délimitées une fois pour toutes ou suivant des cheminements nivométriques lorsque les relevés nivométriques sont effectués chaque année. Ces zones ou ces cheminements devraient être situés de manière à permettre d'obtenir des indications sûres quant à l'équivalent en eau de la couverture de neige sur une grande partie du bassin fluvial.

[D.1.2.] 3.11

Les échantillons de sédiments en suspension devraient être prélevés de manière à indiquer des concentrations qui soient vraiment représentatives de la concentration moyenne des sédiments en suspension pour toute la section transversale du cours d'eau.

[D.1.2.] 4

Rassemblement, traitement et publication des données hydrologiques

NOTE: Des directives détaillées concernant le rassemblement, le traitement et la publication des données hydrologiques figurent dans le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168).

[D.1.2.] 4.1

Chaque Membre devrait rassembler et conserver ses relevés hydrologiques.

[D.1.2.] 4.2

Chaque Membre devrait prendre les dispositions nécessaires pour faciliter la recherche et l'analyse de ses données hydrologiques à l'aide d'équipements de traitement automatique des données.

[D.1.2.] 4.3

Chaque Membre devrait tenir à jour dans ses archives l'inventaire des données hydrologiques disponibles sur son territoire.

[D.1.2.] 4.4

Les unités de temps utilisées pour le traitement des données hydrologiques destinées aux échanges internationaux devraient être choisies parmi les unités ci-après:

a) L'année civile selon le calendrier grégorien;

b) Les mois de ce calendrier;

c) Le jour solaire moyen, de minuit à minuit, selon le fuseau horaire, lorsque les données le permettent;

d) D'autres périodes fixées par accord mutuel dans le cas des bassins versants internationaux ou dans celui des bassins versants situés dans le même type de région.

[D.1.2.] 4.5

Les sommes ou les moyennes de la totalité ou de la plupart des données ci-après, relevées dans un certain nombre de stations hydrométriques et de stations d'observation des eaux souterraines sélectionnées, devraient être calculées pour chaque mois et chaque année:

a) Hauteur d'eau du cours d'eau, du lac, du réservoir ou niveau des eaux souterraines;

b) Débit;

c) Transport de sédiments;

d) Température de l'eau;

e) Popriétés chimiques de l'eau.

[D.1.2.] 4.6

Les caractéristiques ci-après devraient être déterminées sur une base annuelle pour un certain nombre de stations hydrométriques sélectionnées:

a) Valeurs maximales instantanées et valeurs quotidiennes minimales des hauteurs d'eau et des débits;

b) Fréquence statistique des hauteurs d'eau moyennes quotidiennes et/ou débits moyens quotidiens;

c) Valeurs moyennes hebdomadaires des débits solides;

d) Valeurs mesurées de la concentration des constituants chimiques des cours d'eau.

[D.1.2.] 4.7

Les caractéristiques ci-après devraient être déterminées sur une base annuelle pour un certain nombre de stations d'observation des eaux souterraines sélectionnées:

a) Valeurs maximales et minimales des niveaux de l'eau;

b) Fréquence statistique des niveaux de l'eau moyens quotidiens;

c) Valeurs mesurées de la concentration des constituants chimiques de l'eau.

[D.1.2.] 4.8

Les Membres devraient calculer sur de longues périodes des moyennes mensuelles et annuelles de certains éléments pour certaines stations hydrologiques d'observation situées sur leur territoire et dans lesquelles il existe des relevés continus se rapportant à au moins 10 années.

[D.1.2.] 4.9

Chaque Membre devrait publier des rapports annuels de données hydrologiques sous une forme appropriée.

NOTE: Les rapports mensuels augmentés d'un résumé annuel peuvent constituer un rapport annuel.

[D.1.2.] 4.9.1

Lorsqu'une station appartient à plusieurs catégories (voir la note qui fait suite à [D.1.1.] 1.1), des données sélectionnées de ces stations devraient être publiées pour chacune de ces catégories.

[D.1.2.] 4.9.2

Les renseignements figurant dans les publications annuelles devraient comprendre:

a) Des indications relatives à chaque station hydrométrique et à chaque station d'observation des eaux souterraines, à savoir, le cas échéant:
   i) Le nom de la rivière, du lac, du réservoir ou de la formation aquifère, ainsi que le nom et les coordonnées géographiques de la station;
   ii) L'altitude, en mètres, du niveau de référence pour les observations;
   iii) La superficie en km^2 du bassin versant en amont de la station;
   iv) La catégorie de la station ainsi que le programme d'observation détaillé, y compris les heures d'observation;
   v) L'instrumentation;
   vi) La période sur laquelle portent les relevés;
   vii) Des renseignements sur les principales dérivations et les principaux contrôles artificiels en amont;

b) Un certain nombre de tableaux comprenant les données hydrologiques et/ou leurs caractéristiques statistiques, le cas échéant.

[D.1.2.] 4.9.3

Toutes les fois que des moyennes établies sur une longue période seront publiées, la période considérée devrait être mentionnée.

[D.1.2.] 4.9.4

Si la langue principale dans laquelle paraît une publication n'est pas l'anglais, l'espagnol, le français ou le russe, tous les

titres des tableaux devraient être établis dans l'une de ces langues officielles ou au moyen de symboles ou de lettres universellement admis (des légendes accompagnant les tableaux pouvant suffire dans ce dernier cas).

NOTE: Bien que l'arabe et le chinois soient aussi des langues officielles de l'OMM, le Congrès n'en a pas encore approuvé l'emploi à tous les échelons des activités de l'OMM.

[D.1.2.] 4.10

Sauf lorsque les pratiques de l'OMM prescrivent le contraire, les Membres devraient utiliser, dans les publications et autres documents scientifiques, le Système international d'unités (unités SI), tel qu'il est défini par l'Organisation internationale de normalisation (ISO).

NOTE: Des directives sur l'utilisation de ces unités figurent dans les *Tables météorologiques internationales* (OMM-N° 188) et dans le *Recueil de normes ISO 2* – Unités de mesure, 1979.

[D.1.2.] 4.10.1

Il faudrait utiliser, aux fins de l'hydrologie, les symboles et les unités recommandés qui figurent à l'appendice du présent chapitre.

[D.1.2.] 5

Consignes de sécurité

[D.1.2.] 5.1

Chaque Membre s'assurera que les consignes de sécurité qui régissent l'ensemble de ses activités sont convenablement précisées, étayées par des documents adéquats et mises en application.

[D.1.2.] 5.2

Il conviendra de rédiger un guide des consignes nationales de sécurité, qui insistera sur les précautions et les pratiques nécessitées par les conditions propres au pays considéré. Ces consignes doivent aussi satisfaire à toutes les exigences du pays aux plans juridique et sanitaire ainsi qu'en matière de sécurité.

NOTE: Outre les règlements précisés dans la présente section, les pays se reporteront au *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168), cinquième édition, qui contient des instructions détaillées sur les consignes de sécurité.

APPENDICE

(Voir [D.1.2.] 4.10.1)

SYMBOLES ET UNITÉS

NOTE: Les symboles internationaux ont été utilisés lorsque cela était approprié, et sont accompagnés de la mention «ISO» dans la dernière colonne (voir le tableau 1.4 pour les modificateurs de symboles).

Tableau 1.1
Symboles et unités recommandés

Rubrique	*Élément*	*Symbole*	*Unités*	*Remarques*
1	Accélération de la pesanteur	g	m/s^2	ISO
2	Albédo	r	S'exprime au moyen d'un nombre décimal	
3	Aire ou surface de la section transversale d'un cours d'eau Superficie d'un bassin versant	A	m^2 km^2	ISO ISO ha également utilisé
4	Qualité chimique		mg/l	ppm également utilisé (pour les solutions diluées)
5	Coefficient de Chézy $\left[v/(R_h S)^{\frac{1}{2}}\right]$	C	$m^{\frac{1}{2}}/s$	ISO
6	Débitance	K	m^3/s	ISO
7	Degré-jour	D	Degré-jour	
8	Densité	p	kg/m^3	ISO
9	Profondeur, diamètre, épaisseur	d	m cm	ISO
10	Débit (cours d'eau) (puits) (unité zonale Q/A, ou partielle)	 Q Q_{we} q	 m^3/s l/s $m^3/s\ km^2$ $l/s\ km^2$	 ISO ISO
11	Rabattement	s	m cm	
12	Viscosité dynamique (absolue)	η	Pa s	
13	Évaporation	E	mm	
14	Évapotranspiration	E_T	mm	
15	Nombre de Froude	Fr	Nombre sans dimension	ISO
16	Charge, hauteur de chute	z	m	ISO

Rubrique	*Élément*	*Symbole*	*Unités*	*Remarques*
17	Charge piézométrique	h_p	m	
18	Charge statique (niveau de l'eau) = $z + h_p$	h	cm m	ISO
19	Charge spécifique = $z + h_p + h_v$	H	m	ISO
20	Charge cinétique = $v^2/2g$	h_v	cm m	
21	Conductivité hydraulique (perméabilité)	K	cm/s	m/d également utilisé
22	Diffusivité hydraulique	D	cm^2/s	
23	Rayon hydraulique = A/P_w	R_h	m	ISO
24	Épaisseur de la glace	d_g	cm	
25	Infiltration	f	mm	
26	Taux d'infiltration	I_f	mm/h	
27	Perméabilité intrinsèque	k	10^{-8} cm^2	
28	Viscosité cinématique	v	m^2/s	ISO
29	Longueur	l	cm m km	ISO
30	Coefficient de Manning = $R_h^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}/v$	n	$s/m^{\frac{1}{3}}$	ISO
31	Masse	m	kg g	ISO
32	Porosité	n	%	Si nécessaire, on peut également utiliser le symbole α
33	Précipitation	P	mm	
34	Intensité d'une précipitation	I_P	mm/h	
35	Pression	p	Pa	mb ou mbar également utilisés. Voir aussi charge piézométrique
36	Rayonnement* (quantité d'énergie rayonnante par unité de surface)	R	J/m^2	
37	Intensité du rayonnement* (flux par unité de surface)	I_R	J/m^2 s	
38	Rayon d'appel	r_1	m	
39	Coefficient de tarissement	C_r	S'exprime au moyen d'un nombre décimal	
40	Humidité relative	U	%	
41	Nombre de Reynolds	Re	Nombre sans dimension	ISO
42	Écoulement	R	mm	

* Termes généraux: pour plus de détails sur la terminologie et les symboles, consulter le *Guide des instruments et des méthodes d'observation météorologiques* (OMM-N° 8).

Rubrique	*Élément*	*Symbole*	*Unités*	*Remarques*
43	Concentration des sédiments	c_s	kg/m^3	ppm également utilisé
44	Débit solide	Q_s	t/d	
45	Contrainte de cisaillement	τ	Pa	ISO
46	Pente de la ligne d'eau ou d'un bassin	S	Nombre sans dimension	ISO
47	Couverture neigeuse	A_n	%	
48	Hauteur de la neige	d_n	cm	
49	Fonte des neiges	M	mm	Exprimé généralement en valeurs quotidiennes
50	Humidité du sol	U_s	% volume	% masse également utilisé
51	Déficit en eau du sol	U_s'	mm	
52	Débit spécifique d'un puits = Q_{we}/m	C_s	m^2/s	
53	Conductance spécifique	$\aleph$	µS/cm	à θ = 25 °C
54	Coefficient de drainage – porosité effective	Y_s	S'exprime au moyen d'un nombre décimal	
55	Emmagasinement	S	m^3	
56	Coefficient d'emmagasinement (eaux souterraines)	C_s	S'exprime au moyen d'un nombre décimal	
57	Insolation	n/N	S'exprime au moyen d'un nombre décimal	Valeur réelle (n)/nombre possible d'heures (N)
58	Tension superficielle	σ	N/m	ISO
59	Température	θ	°C	ISO t également utilisé
60	Quantité totale de matière dissoute	m_d	mg/l	ppm également utilisé pour les solutions diluées
61	Transmissivité	T	m^2/d	
62	Tension de vapeur	e	Pa	mb ou mbar également utilisé
63	Vitesse (eau)	v	m/s	ISO
64	Volume	V	m^3	ISO
65	Équivalent en eau de la neige	w_n	mm	
66	Nombre de Weber	We	Nombre sans dimension	
67	Périmètre mouillé	P_w	m	
68	Largeur (d'une section transversale ou d'un bassin)	b	m km	ISO
69	Vitesse du vent	u	m/s	km/h, kn (ou kt) également utilisés

Tableau 1.2
Symboles divers

Rubrique	*Élément*	*Symbole*	*Remarques*
1	concentration	c	ISO
2	coefficient (en général)	C	ISO
3	différence	Δ	ISO, les valeurs étant exprimées au moyen des mêmes unités
4	débit entrant	I	
5	temps de réponse	Δt	diverses unités sont utilisées
6	débit solide relatif	L	
7	nombre de (ou rang)	m	ISO
8	débit sortant	O	
9	alimentation	f	(voir infiltration dans le tableau 1.1)
10	total	N	

Tableau 1.3
Unités utilisées dans le tableau 1.1

Rubrique	*Unité*	*Symbole*	*Remarques*
1	centimètre	cm	ISO
2	jour	d	ISO
3	degré Celsius	°C	ISO
4	gramme	g	ISO
5	hectare	ha	
6	heure	h	ISO
7	joule	J	ISO
8	kilogramme	kg	ISO
9	kilomètre	km	ISO
10	nœud	kn, kt	
11	litre	l	ISO
12	mètre	m	ISO
13	microsiemens	µS	
14	millibar	mb, mbar	ISO
15	milligramme	mg	ISO
16	millimètre	mm	ISO
17	minute	min	ISO
18	newton	N	ISO
19	parties par million	ppm	
20	pascal	Pa	ISO
21	pourcentage	%	
22	seconde	s	ISO
23	tonne (tonne métrique)	t	ISO
24	année	a	ISO

Tableau 1.4
Indices utilisables avec les symboles du tableau 1.1

Rubrique	*Indication complémentaire*	*Symbole*	*Remarques*
1	réel(le), (ou mesuré(e))	–	trait tracé sous le symbole
2	air	a	
3	base	b	
4	canal, chenal	ch	
5	calculé(e)	c	
6	critique	cr	
7	hydraulique	h	
8	glace	g	
9	initial(e)	o	lire «zéro»
10	intensité (vitesse)	i	
11	limitatif (ou qui exerce une influence)	l	
12	valeur maximale	max	
13	valeur moyenne	–	ISO – trait tracé au-dessus du symbole
14	valeur minimale	min	
15	observé(e)	ob	
16	sur terre	ov	
17	pression	*p*	
18	récession	r	
19	sédiment, sol, surface, spécifique	s	
20	neige	n	
21	souterrain	ss	
22	fonction du temps (ou à un instant donné)	t	
23	traceur	tr	
24	vapeur	e	
25	vitesse	*v*	
26	eau	w	
27	puits (puits tubulaire)	we	

CHAPITRE D.1.3

PRÉVISIONS ET AVIS HYDROLOGIQUES

[D.1.3.] 1

Généralités

Chaque Membre devrait veiller à ce que des prévisions et des avis hydrologiques soient diffusés à des fins de protection des collectivités contre des phénomènes hydrologiques dangereux et de gestion des eaux.

NOTE: Des directives détaillées concernant les principes et les pratiques de prévision hydrologique figurent dans le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168), cinquième édition, partie E.

[D.1.3.] 2

Organisation des services

Le service de prévision hydrologique devrait être organisé de manière à assurer une coordination et une communication efficaces, y compris pour le rassemblement des données et l'échange des données hydrologiques, entre tous ses départements et centres ainsi qu'entre le service lui-même et ceux qui sont chargés de fournir les données et les prévisions météorologiques. Lorsqu'il s'agit d'organisations séparées, la répartition des tâches et de l'autorité entre le Service hydrologique et le Service météorologique devrait être clairement définie.

NOTE: Des renseignements détaillés sur les services de prévision hydrologique figurent dans le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168), cinquième édition, section 41.4.

[D.1.3.] 3

Programme de prévision et d'avis

[D.1.3.] 3.1

Types de prévisions, d'avis et de messages-avis à établir

[D.1.3.] 3.1.1

Les prévisions hydrologiques devraient être classées, en fonction des périodes sur lesquelles elles portent (voir définitions), en:

a) Prévision hydrologique à courte échéance (2 jours);

b) Prévision hydrologique à moyenne échéance (2 à 10 jours);

c) Prévision hydrologique à longue échéance (plus de 10 jours);

d) Prévision hydrologique saisonnière (plusieurs mois).

[D.1.3.] 3.1.2

Les éléments hydrologiques fondamentaux qui devraient faire l'objet de prévisions sont les suivants:

a) Niveau de l'eau (rivières/lacs) pour des heures données; également vitesse et débit lorsque c'est nécessaire aux fins de la navigation, de l'approvisionnement en eau et/ou à d'autres fins;

b) En période de crue, montées de l'eau au-dessus du niveau d'alerte, pointes de crue (vitesse et/ou débit) avec indication des heures d'occurrence;

c) État des glaces sur les rivières, les lacs et les réservoirs;

d) Volume et distribution dans le temps de l'écoulement pour différentes périodes (périodes de hautes et de basses eaux, mois, saison, année) et, chaque fois que possible, probabilités associées;

e) Niveaux d'eau anormalement bas ou débits anormalement faibles (conditions de sécheresse);

f) Ondes de tempête et hauteurs des vagues dans les estuaires, les zones côtières, et les lacs et les réservoirs de grande superficie;

g) Divers paramètres de qualité de l'eau.

NOTE: Voir le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168), cinquième édition, section 41.2.

[D.1.3.] 3.1.3

Les informations hydrologiques suivantes devraient être diffusées régulièrement:

a) Informations sur la situation hydrologique du moment (suivant les cas, hauteurs d'eau, débits, paramètres de qualité de l'eau des rivières, des estuaires, des zones côtières, des lacs et des réservoirs; état des glaces; niveaux des eaux souterraines; humidité du sol; précipitations; équivalent en eau de la couverture de neige);

b) Évaluation des conditions propices à des niveaux d'eau élevés et au ruissellement;

c) Évaluation des conditions qui pourraient être un indice de sécheresse future.

[D.1.3.] 3.2

Besoins en matière de données

Les réseaux devraient être conçus compte tenu des besoins particuliers de la prévision hydrologique. Chaque Membre devrait prendre des dispositions pour rassembler et distribuer, en temps opportun, les données nécessaires à la préparation des prévisions et des messages-avis mentionnés sous [D.1.3.] 3.1.

[D.1.3.] 3.2.1

Rassemblement et transmission des données

La précision et la fréquence des mesures des éléments hydrologiques devraient être conformes aux indications données dans le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168), cinquième édition, partie E.

NOTES:

a) Voir également les chapitres D.1.1, D.1.2 et D.1.4.

b) La prévision hydrologique a des exigences propres en matière de réseaux et de rassemblement des données. Des directives détaillées concernant le rassemblement et la transmission des données figurent le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168), cinquième édition, partie C, ainsi que dans les sections E et F du *Manuel de référence du SHOFM*.

[D.1.3.] 3.2.2

Données météorologiques

La précision des observations et la fréquence des mesures des éléments météorologiques nécessaires aux fins de la prévision hydrologique devraient être conformes aux spécifications énoncées sous [D.2.] 2.3.

[D.1.3.] 3.2.2.1

Données pluviométriques et prévision quantitative des précipitations (PQP)

Le spécialiste de la prévision hydrologique devrait recevoir régulièrement des PQP, celles-ci étant fréquemment mises à jour en situation de crue. Le spécialiste de la prévision météorologique établissant la PQP devrait disposer de toutes les observations pluviométriques du moment y compris des observations réalisées essentiellement à des fins hydrologiques.

[D.1.3.] 3.2.2.2

Données d'observation et de prévision météorologiques autres que pluviométriques

Le spécialiste de la prévision hydrologique devrait disposer aux heures d'observation standard des types d'informations, données et prévisions météorologiques ci-après:

a) Température, y compris:
   i) Données actuelles;
   ii) Prévisions des changements soudains et sensibles;
   iii) Prévisions des températures anormalement élevées ou anormalement basses;

b) Vent, y compris:
   i) Données actuelles;
   ii) Prévisions des vents anormalement forts;
   iii) Prévisions des changements soudains de direction du vent lorsque ces changements sont significatifs du point de vue hydrologique;

c) Données météorologiques pertinentes pour les calculs de l'évapotranspiration:
   i) Rayonnement solaire ou pourcentage d'insolation;
   ii) Température du point de rosée ou humidité relative;
   iii) Évaporation observée dans les bacs.

[D.1.3.] 3.3

Choix des méthodes

Lors du choix des méthodes de prévision, le service de prévision hydrologique devrait tenir compte des besoins en matière de prévision, des ressources disponibles et, entre autres, de l'expérience tirée des études et des comparaisons des méthodes effectuées au cours des vingt dernières années.

NOTE: Des renseignements sur les possibilités relatives des modèles hydrologiques et les ressources qu'ils nécessitent figurent dans le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168), cinquième édition, section 33.2, chapitre 34, sections 39.1, 39.2, 39.3 et chapitre 43, dans les publications intitulées *Intercomparison of conceptual models used in operational hydrological forecasting* (WMO-No. 429) et *Intercomparison of models of snowmelt runoff* (WMO-No. 646) et dans les sections J et K du *Manuel de référence du SHOFM*.

[D.1.3.] 3.4

Considérations d'ordre administratif

[D.1.3.] 3.4.1

Utilisation des PQP en prévision hydrologique

[D.1.3.] 3.4.1.1

Les prévisions hydrologiques devraient être fondées sur toute combinaison des données pluviométriques observées et prévues fournissant la prévision la plus opportune et la plus exacte.

[D.1.3.] 3.4.1.2

La décision d'utiliser les PQP dans une prévision hydrologique devrait être une décision opérationnelle fondée sur les renseignements hydrologiques ci-après relatifs au phénomène prévu:

a) L'erreur probable de la PQP en ce qui concerne le volume, le lieu et le moment;

b) La manière dont ces erreurs vont se propager dans le processus de prévision hydrologique et affecter l'exactitude de la prévision;

c) La manière dont l'utilisateur de la prévision est affecté par les différentes échéances des prévisions et les divers degrés d'exactitude de ces prévisions.

[D.1.3.] 3.4.2

Correction des prévisions

La mise à jour des prévisions hydrologiques devrait être effectuée de manière à tirer pleinement parti des connaissances et du jugement du prévisionniste. Lorsque c'est possible, des méthodes de correction automatisées devraient être utilisées pour faciliter le processus d'ajustement de la prévision.

NOTE: Des renseignements sur les méthodes de correction des prévisions figurent dans le G*uide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168), cinquième édition, section 43.10 et à la section J du *Manuel de référence du SHOFM.*

[D.1.3.] 3.4.3

Incertitudes dans les prévisions hydrologiques

Le service de prévision hydrologique devrait établir un règlement administratif indiquant de quelle manière doivent être exprimées les prévisions hydrologiques et leurs erreurs probables. Le service devrait également entreprendre toutes les activités didactiques nécessaires pour s'assurer que l'utilisateur de la prévision comprend non seulement celle-ci mais également l'erreur probable.

[D.1.3.] 3.5

Crues éclair et ondes de tempête

Dans les zones où les crues éclair ou les ondes de tempête constituent un problème, le service de prévision hydrologique devrait chercher à mettre en place toutes les procédures automatiques et administratives nécessaires pour assurer:

a) Une transmission rapide des observations de terrain au bureau de prévision;

b) Un calcul rapide de la prévision;

c) Une transmission rapide de la prévision à l'utilisateur final.

Le service devrait fournir des avis généralisés de crues éclair ou d'ondes de tempête sans attendre la préparation de prévisions locales affinées.

[D.1.3.] 3.6

Inondations par ruissellement local

Dans les zones où se produisent des inondations par ruissellement local et des apports latéraux, on devrait évaluer l'intensité de précipitation qui risque de les provoquer. Lorsque surviennent de telles intensités, ou lorsque celles-ci sont considérées comme imminentes, on devrait diffuser des annonces. Le service de prévision hydrologique devrait veiller à ce que toutes les personnes concernées, y compris les utilisateurs, saisissent la différence entre les inondations par ruissellement local et celles qui sont provoquées par les crues des cours d'eau et par les ondes de tempête.

[D.1.3.] 3.7

Ruptures de barrages

Le service de prévision hydrologique devrait effectuer une étude des barrages situés dans la région dont il est chargé. Pour ceux dont une défaillance entraînerait d'importants dégâts matériels et/ou des pertes en vies humaines, on devrait effectuer par avance les calculs des lignes d'eau provoquées en aval par de tels événements, ainsi que des cotes d'alerte, en considérant les différents types de défaillance possibles, y compris dans les cas les plus catastrophiques. Les résultats de ces calculs devraient être immédiatement disponibles en cas de défaillance.

NOTE: Les renseignements techniques concernant la propagation des hydrogrammes figurent dans le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168), cinquième édition, paragraphe 44.3.3, et dans les sections J et K du *Manuel de référence du SHOFM*.

[D.1.3.] 3.8

Estuaires et zones côtières

Lorsque les terres émergées attenantes à un estuaire ou à un littoral sont susceptibles d'être endommagées par des inondations ou que les hauteurs d'eau et/ou les débits extrêmes d'un estuaire affectent la navigation, on devrait établir des prévisions de ces hauteurs et/ou de ces débits.

NOTE: Des renseignements sur les aspects techniques de la prévision dans les estuaires figurent dans le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168), cinquième édition, sections 43.8 et 44.4. Un service qui se trouve confronté à un problème d'estuaire et qui ne dispose pas des moyens nécessaires à la mise en œuvre d'un modèle de propagation dynamique peut obtenir des résultats convenables en utilisant une relation graphique empirique entre le débit en amont, la houle en haute mer et la hauteur d'eau dans l'estuaire.

[D.1.3.] 3.9

Prévisions de basses eaux

[D.1.3.] 3.9.1

Prévisions des apports

Lorsque nécessaire, on devrait établir des prévisions à longue échéance (généralement mensuelles ou saisonnières) du débit des cours d'eau pour assurer le bon fonctionnement des systèmes de distribution de l'eau. Ordinairement, ces prévisions devront tenir compte des conditions météorologiques futures et elles devraient donc, en général, être rédigées en termes de probabilités.

NOTES:

a) On trouve des informations sur les méthodes de prévision des apports dans le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168), cinquième édition, section 44.5.

b) Les méthodes permettant de prévoir l'approvisionnement en eau au moyen de modèles de l'écoulement continu alimentés par des données d'entrée stochastiques ou d'analyses probabilistes des sorties de modèles effectuées à l'aide de données historiques sont traitées dans le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168), cinquième édition, sections 43.11 et 44.5.

[D.1.3.] 3.9.2

Prévisions des sécheresses

Les services de prévision devraient se soucier constamment de détecter les indices susceptibles d'indiquer le début d'une période de sécheresse et de diffuser régulièrement une évaluation de la situation.

NOTE: Voir le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168), cinquième édition, sections 35.4 et 35.5.

[D.1.3.] 3.10

Phénomènes caractéristiques des régions froides

[D.1.3.] 3.10.1

Neige

NOTE: Voir le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168), cinquième édition, chapitre 45 pour les prévisions de la fonte des neiges et paragraphe 42.6.2 pour la télédétection.

a) Dans les régions où les précipitations peuvent tomber sous forme de neige ou de pluie, le mode de rédaction des messages devrait permettre au prévisionniste d'identifier la forme de la précipitation;

b) Dans les parties accessibles des bassins, on devrait effectuer des relevés nivométriques aussi souvent qu'il est nécessaire pour tenir à jour une information quantitative sur le stock de neige.

[D.1.3.] 3.10.2

Prévisions de l'état des glaces

NOTE: Voir le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168), cinquième édition, chapitre 46.

Le service de prévision hydrologique devrait déterminer les tronçons de rivières sujets à la formation de glaces et d'embâcles. Par temps froid, des reconnaissances régulières devraient être effectuées dans les zones concernées. On devrait également évaluer les effets prévus des embâcles sur le niveau de l'eau.

[D.1.3.] 3.11

Diffusion des prévisions

Le service de prévision hydrologique devrait se préoccuper non seulement de la préparation des prévisions et des avis mais également de leur diffusion aux utilisateurs finals et de leur présentation sous une forme qu'ils puissent aisément comprendre. Des plans spéciaux d'information du public et de divers organes responsables devraient être établis pour les situations d'urgence.

NOTE: Un examen des méthodes de diffusion et des considérations à cet égard figurent dans le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168), cinquième édition, section 41.5.

[D.1.3.] 3.12

Évaluation/vérification des prévisions

Le service de prévision hydrologique devrait constamment contrôler la qualité de ses produits. Un tel contrôle devrait surtout porter sur la valeur des prévisions pour les utilisateurs potentiels et l'évaluation devrait donc être fondée sur leur exactitude et l'opportunité de leur diffusion, ainsi que sur les réactions des utilisateurs lors de la diffusion des prévisions et des avis.

NOTE: Des renseignements sur la vérification des prévisions opérationnelles figurent dans le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168), cinquième édition, sections 41.3 et 41.3.1.

[D.1.3.] 3.13

Formation des utilisateurs

L'intérêt des prévisions, notamment de la prévision des crues, et des avis qui en découlent, dépend du degré de compréhension des destinataires et de la façon dont ils réagissent. Pour améliorer ce genre de réaction, notamment quand il s'agit de crues éclair, il faudrait mettre au point, pour le public, un programme de formation permanente portant sur l'interprétation des prévisions de crues et sur les mesures à prendre.

[D.1.3.] 3.14

Bassins internationaux

L'échange des prévisions et des avis hydrologiques relatifs aux bassins internationaux devrait être organisé sur la base d'accords bilatéraux ou multilatéraux (voir la note relative au paragraphe [D.1.2.] 2.7).

APPENDICE

(Voir [D.3.] 1.2)

CLASSIFICATION DÉCIMALE UNIVERSELLE POUR L'HYDROLOGIE

NOTE: La Classification décimale universelle (CDU) est patronnée à l'échelon international par la Fédération internationale de documentation, avec l'autorisation de laquelle le système adopté pour l'hydrologie générale (CDU 556) est reproduit ici. La structure de la CDU et les explications relatives au système de notation utilisé sont données dans la *Universal Decimal Classification*, Medium English Edition, FID No. 571,1985. La liste ci-dessous sera mise à jour dès que la nouvelle édition de la CDU sera publiée.

MAJOR CLASSES AND SECONDARY HEADINGS APPLICABLE TO HYDROLOGY

0 GENERALITIES

3 SOCIAL SCIENCES
31 Sociology. Demography. Statistics
32 Political Science
33 Economics
34 Law
35 Public Administration
37 Education

5 MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES
51 Mathematics
519.2 Probability and mathematical statistics
52 Astronomy. Astrophysics. Space Research. Geodesy
520 Instruments and techniques
527 Navigation
528 Geodesy. Surveying. Photogrammetry. Remote sensing. Cartography
53 Physics
531 Mechanics
532 Fluid mechanics, Hydromechanics
533 Gas mechanics
536 Heat. Thermodynamics
539 Physical nature of matter (Nuclear physics)
54 Chemistry
546 Inorganic chemistry
547 Organic chemistry
548 Crystallography
55 Geology, Meteorology. Hydrology
550 Collateral science. Geophysics
.3 Geophysics
.34 Seismology
.37 Geoelectricity
.38 Geomagnetism
551 General geology. Meteorology. Climatology. Stratigraphy
.2 Interior geodynamics
.3 Exterior geodynamics
.32 Glaciology
.33 Glacial geology
.34 Frost action on rocks and soil
.4 Geomorphology
.46 Physical oceanography
.5 Meteorology*

* La section CDU 551.5 est reproduite dans son intégralité dans l'appendice C du Volume I du *Règlement technique* de l'OMM.

.7 Historical geology. Stratigraphy
.8 Paleography
552 Petrology. Petrography
553 Economic geology. Mineral deposits
556 Hydrosphere. Water (in general). General hydrology
.1 Hydrological cycle, properties and conditions. Global water balance
.3 Groundwater hydrology. Geohydrology. Hydrogeology
.5 Surface water hydrology. Land hydrology
56 Paleontology
57 Biology
58 Botany
59 Zoology

6 APPLIED SCIENCES. MEDICINE. TECHNOLOGY
61 Medical Sciences
62 Engineering
621 Mechanical and electrical engineering
.22 Water power. Utilization of hydraulic energy
.3 Electrical engineering
.39 Telecommunication
623 Military and naval engineering
624 Civil engineering
625 Railway, highway engineering
626 Hydraulic engineering
627 River and harbour engineering
628 Public health engineering
629 Transport engineering
63 Agriculture and Related Sciences and Techniques
630 Forestry
633 Field crops and their production
634 Horticulture generally
635 Garden plants. Gardening
636 Animal husbandry
639 Game and fish management
65 Management. Administration. Organization
68 Specialized trades, etc.
681.2 Instrument making, Instrumentation
.3 Data processing equipment
.5 Automatic control engineering
69 Building

7 ARTS. SPORTS
71 Physical Planning. Landscape, etc.
72 Architecture
77 Photography
79 Entertainment. Games. Sports

8 LANGUAGES AND LITERATURE

9 GEOGRAPHY. BIOGRAPHY. HISTORY
91 Geography
929 Biography
93/99 History

SECTION 556 – HYDROSPHERE. WATER (IN GENERAL)

556 HYDROSPHERE. WATER (IN GENERAL). GENERAL HYDROLOGY
Comprehensive works on surface waters and groundwater
→532 Fluid mechanics. Hydraulics
551.4 Geomorphological aspects
551.46 Oceanographic aspects
621.6 Fluid storage and distribution (engineering)
66/627 Hydraulic construction works. Waterways, etc.
628.1/3 Water supply, drainage, and waste disposal
556.01 Theory. Principles of research and investigation
.011 Theoretical principles
.012 Research, methodology, requirements, etc.
.013 Theoretical investigation: use of models, etc. Cf. 556.072 Models

.014 Experimental (laboratory and field) investigation
556.02 Practical work: organization, programmes, projects, etc.
Details of organization :061...
Organization and management techniques by :65....
.023 Laboratories and laboratory work
.024 Stations and field work generally
.025 Services and networks, including network design
.028 Representative and experimental basins
556.04 Observation(s), data and records
.042 Observation methods
.043 Data handling: collection, processing, and dissemination
.044 Data, observational data (on specific hydrological phenomena)
.045 Records
.047 Hydrological analyses
.048 Hydrological computation. Coefficients, etc.
556.06 Hydrological forecasting and forecasts
"32" Seasonal
(1/9) Regional
556.07 Equipment, installations and apparatus for hydrological work
.072 Models, analogies, etc. Subdivide as 53.072
.078 Special apparatus and equipment for study of hydrological phenomena, e.g. 556.132.8.078 Evaporation pans
556.08 Measurement: principles and instruments. Subdivide as 53.08, e.g.
.082 Principles of measurement and of measuring instruments
.084 Instruments: design, construction, and components
.085 Indicators, Scales, etc.
.088 Measurement errors, correction, and evaluation

556.1 HYDROLOGICAL CYCLE, PROPERTIES AND CONDITIONS. GLOBAL WATER BALANCE
556.11 Water properties
.113 Physical properties of water
.2 Further details: 53...
.3 Turbidity
.4 Colour
.114 Chemical properties of water
Further details: 54..., e.g.
:541.132 Electrolytic dissociation and pH (H-ion concentration)
:543.242 Oxidation-reduction analysis. Redox potential
:543.319 Alkalinity
.2 Dissolved gases
.3 Hardness of water
.4 Taste and odour
.42 Taste of water
.44 Odour of water
.5 Salinity
.6 Element and inorganic content (of water)
Subdivide as 546, e.g.
.6.027 Isotope content (generally)
.611*3 Tritium (3H) content
.679 Radioactive elements (generally)
Cf. 556.388; 556.535.8; 556.555.8
.7 Organic chemical content
Subdivide as 547... (or :547)
.115 Biological and microbiological properties of water
Further details: 57/59, e.g.
:579.8 Bacteria, micro-organisms
:582 Plants, flora
:592/599 Animals, fauna
556.12 Precipitation: rainfall, snow, etc. (as element in the hydrological cycle)
→ 551.57 Aqueous vapour, precipitation, and hydrometeors (meteorology)
"32" Seasonal variations
"45" Annual variations
(1/9) Geographical, areal distribution
.04 Observations, data and records, e.g. snow and glacier melt rates
.121 Amount and duration of precipitation
.2 Mean or average
.3 Maximum
.4 Minimum

.6 Intensity
.7 Duration
.8 Relation between duration and intensity
.123 Rainfall. Subdivide as 556.121 and use "32" and "45" for seasonal and annual variations
.124 Snow and ice. Snowpack. Glacier
→ 551.32/.34
.1 Amount and duration. Subdivide as 556.121
.2 Snow cover: distribution and water equivalent
.3 Melting of snow: rate, relationships, etc.
.4 Melting of glaciers
556.13 Evaporation, evapotranspiration and transpiration (in the hydrological cycle). Cf. 551.571/.574
.131 Total evaporation. Evapotranspiration
.1 Computation and determination: methods and equipment
.11 Water balance methods
.112 Evaporimetry and evaporimeters
.114 Lysimetry and lysimeters
.116 Soil-moisture and groundwater level variations
.12 Energy balance methods
.13 Vapour flux, turbulent diffusion
.14 Moisture advection
.18 Empirical formula methods of computation
.2 Amounts of total evaporation
.3 Condensation of the Earth's surface
.5 Evaporation control → 556.18
.132 Evaporation
.2 Evaporation from water bodies
.28 Evaporation from ponds
.4 Evaporation from snow and ice former number: 556.134
.6 Evaporation from land (solid, fields, forests) former number: 556.133
.8 Pan evaporation
556.14 Infiltration (as element in the hydrological cycle)
.142 Soil moisture → 631.432 (Agriculture)
.143 Groundwater storage → 556.32 (Vertical distribution)
556.15 Water storage (as element in the hydrological cycle)
.152 Surface detention
.153 Channel (and bank) storage
.5 Bank storage
.155 Lake and reservoir storage → 627.81 Dams
.157 Valley storage
556.16 Runoff
"32" Seasonal
"45" Annual
.01 Theory of runoff
.044 Depth, runoff depth
.045 Streamflow records
.047 Hydrographs, unit hydrographs
.048 Computation and coefficients
.06 Forecasting, forecasts
.161 Rainfall–runoff relation. Runoff factors
.162 Distribution (and frequency). Use "32", "45" and (1/9)
.164 Surface runoff. Overland flow
.165 Normal runoff and its computation
.166 Maximum runoff. Floods and flood runoff
→ 627.51
"321" Spring (snow-melt)
"324" Winter
.2 Storm floods
.4 Flash floods
.167 Minimum runoff. Base flow. Dry-weather flow
.2 Base flow
.6 Drying-up, drought
.168 Underground runoff → 556.332.2 Aquifers
556.18 Water management. Applied hydrology. Human control of hydrological conditions
Divide by: 626/627, :628..., :631.6..., etc.
.182 Conjunctive use of surface and groundwater resources

556.3 GROUNDWATER HYDROLOGY. GEOHYDROLOGY. HYDROGEOLOGY

→ 550.8 Geological exploration methods, prospecting
551.44 Speleology, subterranean waters, etc.

.01 Theory of groundwater, principles of investigation and research
.02 Practical work organization: projects, laboratories, stations, services, and networks
.04 Observation(s), data, and records
.06 Forecasting and forecasts
.07 Equipment, apparatus, models, etc.
.08 Measurement: principles and instruments

556.31 Properties of groundwater. Subdivide as 556.11, e.g.
.313 Physical properties: temperature, colour, turbidity, etc.
.314 Chemical and physio-chemical properties: hardness, taste and odour, salinity, chemical content
.315 Biological and microbiological properties: bacteria, plants, animals

556.32 Subterranean (underground) water: vertical distribution
.322 Zone of aeration. Suspended water. Vadose water
.2 Soil water
.4 Pellicular and gravitational water
.6 Capillary water
.324 Zone of saturation. Groundwater (in restricted sense)

556.33 Aquifers. Water-bearing strata
.332 Unconfined (phreatic) aquifers
.2 Storage capacity: inflow and outflow
.4 Permeability of rock formations
.04 Observations and tests, data, records, analyses
.042 Pumping tests
.048 Storage coefficient. Specific yield
.41 Impermeable, not containing water. Aquifuges
.42 Impermeable, containing water. Aquicludes
.43 Slowly permeable water-bearing strata
.44 Easily permeable water-bearing strata
.46 Karst formations → 551.435.8 Geomorphology of karst
.5 Water table. Phreatic surface
.52 Fluctuations (or water table)
"32" Seasonal fluctuations
:551.466.7 Tides
:550.348 Seismic disturbances, tremors, earthquakes
:551.54 Atmospheric pressure effects
:556.53 Rivers and streams (as fluctuation factors)
.6 Recharge
.62 Natural recharge and its sources
:556.12 Precipitation, rainfall, etc.
:556.168 Underground runoff
:556.55 Lakes and reservoirs
.625 Juvenile water
.629 Other sources of natural recharge
.63 Artificial recharge and its methods → 628.112.2/.3
.632 Pits and shafts
.633 Spreading
.634 Injection wells
.636 Induced recharge
.639 Other methods of artificial recharge
.7 Seawater intrusion → 556.388 Pollution
.72 Freshwater–saltwater interface
.78 Methods of prevention (of seawater intrusion)
.334 Confined (artesian) aquifers
Subdivide as 556.332 where applicable, adding:
.3 Compressibility
.5 Piezometric surface
.336 Perched aquifers. Subdivide as 556.332 where applicable

556.34 Groundwater flow. Well hydraulics
→ 532.5 Hydrodynamics, fluid flow
628.112 Wells (water supply)
.042 Observation wells
.342 Flow rate. Velocity. Gradient
.2 Darcy's law
→ 532.546 Flow in porous media
.343 Flow to wells. Drawdown
.2 Radial flow
.22 Steady flow
.24 Non-steady flow
.3 Partially penetrating wells
.4 Interference of wells

.5 Well losses
556.36 Springs Cf. 556.182 → 628.112.1 Catchment
.362 Depression springs
.363 Contact springs
.364 Artesian springs
.366 Fracture springs
.367 Intermittent springs
.368 Volcanic springs
→ 553.7 Mineral springs
556.38 Groundwater basins. Groundwater management
Cf. 556.182 Conjunctive use of groundwater and surface water
.02 Practical work organization: projects, networks, etc.
.382 Safe yield
.383 Overdraft
.388 Pollution (of groundwater). Protective measures
→ 556.332.7 Sea-water intrusion
504.43 Groundwater environment
.2 Protection of intake areas and sources
.4 Protection of springs and wells
556.5 SURFACE WATER HYDROLOGY. LAND HYDROLOGY
→ 551.435 Geomorphology of surface waters
.01 Theory, principles of investigation and research
.02 Practical work organization: stations, networks, etc.
.028 Representative and experimental basins
.04 Observations(s), data and records
.06 Forecasting and forecasts
.07 Equipment, apparatus, models
.072 Models. Subdivide as 53.072
.08 Measurement: principles and instruments. Subdivide as 53.08
556.51 Drainage or catchment areas, basins. River basins. Watersheds (Amer.)
→ 551.435.164 Geomorphology: catchment basins
.028 Representative and experimental basins
.512 Water balance of drainage basins
.513 Area of drainage basins
.514 Shape of drainage basins
.515 Slope of drainage basins
.516 Stream density
556.52 River systems. Potamology (general description)
.522 Classification. Order of stream
.523 Large streams
.524 Tributaries
556.53 Rivers, streams and canals
.531 Water properties (in rivers). Subdivide as 556.11, e.g.
.3 Physical properties: temperature, turbidity, colour
.4 Chemical properties, incl. hardness, taste, and odour
.5 Biological and microbiological properties
.532 Water balance (of perennial streams)
:556.16 Runoff
.535 River regimes
.2 Level
.3 Discharge
.4 Thermal regime
.5 Ice regime → 551.326.83 Ice on streams
.6 Sediment transport → 532.584 Hydrodynamics
.8 Pollution (of rivers) → 504.453 Fluvial environment, rivers, streams
.536 Hydraulics, hydrodynamics of rivers and streams
Fluvial hydraulics → 532.5 Hydrodynamics
.2 Currents, river currents
.3 Waves
.5 Wind influences Cf. 551.556.8 (Meteorology)
.537 Channel and bank formation (only hydrological aspects)
→ 551.435.1 Geomorphology of rivers
627.4 River training
.538 Intermittent or ephemeral streams
.1/7 Subdivide as 556.531/.537 where applicable
556.54 River mouths. Estuaries. Deltas. Subdivide as 556.53 where applicable
→ 551.435.126 Geomorphology of deltas
→ 551.468.6 Estuaries. Exchange of sweet and sea water
.541 Water properties in river mouths and estuaries. Subdivide as 556.11

.542 Water balance (in river mouths and estuaries)
.545 Estuarine regimes, pollution. Problems of exchange between fresh and saline water, mixing, resulting in brackish water
→ 504.454 Fluvio-marine environment. River mouths. Estuaries
.546 Estuarine hydraulics and hydrodynamics
556.55 Lakes, reservoirs and ponds. Limnology
→ 551.435.38 Geomorphology of lake basins
(211) Polar
(212) Temperate
(213) Tropical and subtropical
.551 Water properties in lakes, reservoirs, and ponds. Subdivide as 556.11
.552 Water balance of lakes
.555 Lake regimes
.2 Level
.3 Inflow and outflow
.4 Thermal regime. Thermal stratification
.41 Epilmnion
.42 Metalimnion. Thermocline
.43 Hypolimnion
.5 Ice regimes → 551.326.85 Ice on lakes
.6 Sedimentation and silting (in lakes)
.7 Chemical stratification
.8 Pollution of lakes
→ 504.455 Freshwater environment, lakes, reservoirs and ponds
.556 Hydraulics, hydrodynamics of lakes
→ 532.5 Hydrodynamics
.2 Currents
.3 Waves
.4 Seiches
.5 Wind influences. Wind set-up
Cf. 551.556.8 (Meteorology)
.557 Lake shores and their alteration
→ 551.435.3 Geomorphology of lakes
627.8 Dams
556.56 Swamps and marshes
:626.86 Drainage of swamps
→ 551.435.1 Geomorphology of swamps
.561 Water properties in swamps. Subdivide as 556.11
.562 Water balance of swamps
.565 Swamp regimes. Pollution, etc. → Freshwater environment, swamps
.566 Hydraulics, hydrodynamics of swamps
→ 532.5 Hydrodynamics

CHAPITRE D.1.4

TRANSMISSION DES DONNÉES HYDROLOGIQUES

[D.1.4.] 1

Généralités

[D.1.4.] 1.1

Chaque Membre devrait assurer la transmission des données d'observation hydrologique requises pour répondre aux besoins nationaux.

[D.1.4.] 1.2

Les moyens et installations de transmission devraient être conçus de façon à permettre l'échange, à l'échelon international, des données, prévisions et avis hydrologiques, sur la base d'accords bilatéraux ou multilatéraux (voir la note relative au paragraphe [D.1.2.] 2.7).

[D.1.4.] 1.2.1

Le Système mondial de télécommunications (SMT) de la Veille météorologique mondiale (VMM) devrait être utilisé, chaque fois que cela sera faisable et rentable, pour assurer l'échange international des données hydrologiques.

NOTE: D'autres systèmes pourraient être plus appropriés pour la transmission des données hydrologiques qui ne sont pas nécessaires en temps réel.

[D.1.4.] 2

Système et plan relatifs à la transmission des données

[D.1.4.] 2.1

Tout système de transmission des données devrait comporter les moyens et installations de télécommunications propres à assurer la transmission, la retransmission et le rassemblement des données provenant d'un système d'observation hydrologique, ainsi que la diffusion de l'information traitée aux utilisateurs.

[D.1.4.] 2.2

Tout plan de transmission des données hydrologiques devrait comporter des dispositions relatives à la jonction des capteurs, aux équipements de télécommunications, au mode de présentation des données, au personnel et aux procédures d'exploitation.

[D.1.4.] 2.2.1

Le plan relatif à la transmission des données hydrologiques devrait faire l'objet d'une révision et être mis à jour selon les besoins.

[D.1.4.] 3

Organisation de la transmission des données

[D.1.4.] 3.1

Chaque Membre devrait faire en sorte que les moyens et installations nationaux de transmission des données hydrologiques permettent de répondre à la fois aux besoins nationaux et aux nécessités internationales reconnues sur la base d'accords bilatéraux ou multilatéraux.

[D.1.4.] 3.2

Chaque Membre devrait veiller à ce que les caractéristiques techniques et les méthodes d'exploitation des systèmes qu'il utilise soient compatibles avec les réseaux régionaux de télécommunications, ainsi qu'avec les plans relatifs à ces derniers.

[D.1.4.] 3.3

Chaque Membre devrait prendre des dispositions pour assurer le rassemblement des données d'observation hydrologique et des données d'observation météorologique connexes recueillies sur son propre territoire et, si besoin est, veiller à recevoir les données similaires en provenance d'un ou de plusieurs autres Membres, sur la base d'accords bilatéraux ou multilatéraux.

[D.1.4.] 3.4

Chaque Membre devrait veiller à ce que les données recueillies et l'information traitée qui en résulte soient diffusées aux utilisateurs nationaux, ainsi que, si besoin est, à d'autres Membres sur la base d'accords bilatéraux ou multilatéraux.

[D.1.4.] 3.5

Chaque Membre devrait:

a) Suivant les besoins nationaux, relier son (ses) Service(s) hydrologique(s) national(aux) au Centre météorologique national (CMN);

b) Établir, selon les besoins, pour l'échange international des données, une liaison par l'intermédiaire du CMN, afin de pouvoir utiliser le SMT.

CHAPITRE D.1.5

SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DES EAUX

[D.1.5.] 1

Généralités

Chaque Membre devrait établir un programme de surveillance de la qualité des eaux conformément à ses besoins nationaux.

NOTE: On trouvera des directives détaillées sur l'établissement d'un programme de surveillance de la qualité des eaux dans la section XIII de l'annexe et dans le *Manual on Water Quality Monitoring* (WMO-No. 680).

[D.1.5.] 2

Programme de surveillance

Un certain nombre de facteurs étroitement liés entre eux devraient être pris en considération à propos du programme de surveillance de la qualité des eaux:

a) Législations et politiques relatives à la qualité des eaux;

b) Objectifs du programme;

c) Conception du programme;

d) Activités sur le terrain;

e) Activités en laboratoire;

f) Gestion des données;

g) Analyse des données;

h) Programme d'assurance de qualité;

i) Interprétation des données et élaboration de rapports;

j) Utilisation des informations et prise de décision.

[D.1.5.] 3

Objectifs de la surveillance

Les objectifs d'un programme de surveillance de la qualité des eaux devraient être exposés en terme de «produits» que ce programme fournira et être directement fonction des responsabilités qui découlent de la législation, des politiques et des priorités établies ainsi que de l'infrastructure et des ressources existantes.

[D.1.5.] 4

Conception du réseau

NOTE: Une surveillance adéquate de la qualité des eaux peut être assurée grâce à un réseau de stations d'observation portant sur le long terme et réparties stratégiquement (réseau de base), complété, le cas échéant, par des études périodiques concernant le court terme et effectuées par des stations intermédiaires (réseau secondaire) y compris la surveillance de la pollution accidentelle des masses d'eau.

Le réseau doit être conçu en fonction des objectifs de surveillance définis pour le programme et être coordonné avec le réseau hydrologique existant.

[D.1.5.] 5

Paramètres de qualité de l'eau

[D.1.5.] 5.1

Le choix des paramètres de qualité de l'eau à surveiller pour ce qui est des cours d'eau, des lacs/réservoirs et des eaux souterraines devrait être fonction d'études pilotes préalables. Les paramètres fondamentaux sont énumérés dans le tableau de la section XIII de l'annexe.

[D.1.5.] 5.2

Il faudrait prendre des précautions spéciales pour protéger l'intégrité des échantillons pendant le stockage et le transport en vue de leur analyse en laboratoire.

NOTE: La qualité de certains paramètres – conductivité électrique, pH, oxygène dissous, température, couleur, turbidité, transparence, etc., peut changer pendant le stockage et devrait être mesurée *in situ* ou sur le terrain dès que possible après le prélèvement d'échantillons.

[D.1.5.] 6

Prélèvement d'échantillons d'eau

[D.1.5.] 6.1

Le type d'échantillon d'eau de surface à prélever devrait être déterminé selon:

a) Les objectifs du programme, notamment les paramètres à prendre en considération ainsi que la pécision et l'exactitude nécessaires;

b) Les caractéristiques du système à l'étude, notamment le régime de courant, les affluents, les infiltrations d'eau souterraine, l'homogénéité de la masse d'eau, les conditions climatiques, les apports anthropiques et les organismes aquatiques présents.

D.2 — ASSISTANCE MÉTÉOROLOGIQUE À L'HYDROLOGIE

[D.2.] 1

Généralités

Chaque Membre devrait faire en sorte que la diffusion de l'information météorologique nécessaire pour satisfaire aux besoins de l'hydrologie soit sûre, régulière et adaptée aux besoins exprimés et reconnus.

[D.2.] 2

Observations météorologiques à des fins hydrologiques

[D.2.] 2.1

Chaque Membre devrait diffuser les messages d'observation des stations météorologiques qui sont nécessaires pour analyser les réactions d'un bassin versant aux modifications des conditions météorologiques.

[D.2.] 2.2

Les observations météorologiques effectuées dans ces stations aux fins de l'hydrologie devraient porter sur un ou plusieurs des éléments météorologiques énumérés sous [D.1.2.] 1.2, selon le cas.

[D.2.] 2.3

La précision de l'observation des éléments météorologiques nécessaires aux fins de l'hydrologie et l'intervalle de transmission des données aux fins de la prévision hydrologique devraient être tels qu'ils figurent dans le tableau ci-dessous.

	Élément	*Précision*	*Intervalle de transmission à respecter pour la prévision hydrologique*
a)	Précipitations – quantité et forme*	± 2 mm au-dessous de 40 mm ± 5 % au-dessus de 40 mm	Toutes les 6 heures**
b)	Épaisseur de la couche de neige	± 2 cm au-dessous de 20 cm ± 10 % au-dessus de 20 cm	Quotidiennement
c)	Équivalent en eau de la couverture de neige	± 2 mm au-dessous de 20 mm ± 10 % au-dessus de 20 mm	Quotidiennement
d)	Température de l'air	± 0,1 °C	Toutes les 6 heures
e)	Température du thermomètre mouillé	± 0,1 °C	Toutes les 6 heures
f)	Bilan du rayonnement	± 0,4 MJ/m^{2}d au-dessous de 8MJ/m^2 ± 5 % au-dessus de 8MJ/m^{2}d	Quotidiennement
g)	Évaporation (bac)	± 0,5 mm	Quotidiennement
h)	Température de surface – neige	± 1 °C	Quotidiennement
i)	Profils de température – neige	± 1 °C	Quotidiennement
j)	Vent: vitesse direction	± 10 % ± 10 °C	Toutes les 6 heures
k)	Durée de l'insolation	± 0,1 heure	Quotidiennement
l)	Humidité relative	± 1 %	Toutes les 6 heures

* À certains emplacements, il sera nécessaire de préciser la forme des précipitations (liquide ou solide).

** Dans les bassins sujets à des crues éclair, il est souvent nécessaire que les données soient transmises toutes les 2 heures ou plus fréquemment; dans d'autres cas, des valeurs quotidiennes peuvent suffire.

[D.2.] 3

Prévisions et avis météorologiques pour l'hydrologie

[D.2.] 3.1

Les Membres devraient veiller à ce que des prévisions et des avis météorologiques pour l'hydrologie soient régulièrement mis à la disposition des spécialistes de la prévision hydrologique, selon les besoins.

[D.2.] 3.2

Le programme de prévisions et d'avis pour l'hydrologie devrait comprendre:

a) La nature des renseignements météorologiques suivant la liste figurant sous [D.2.] 2.3. Les prévisions devraient être régulières et détaillées et préciser dans toute la mesure possible les variations locales et régionales;

b) Les prévisions ci-après:
   i) Prévisions quantitatives des précipitations (PQP) pour des périodes allant jusqu'à 72 heures;
   ii) Température de l'air, humidité, point de rosée, vent et état du ciel pour des périodes allant jusqu'à cinq jours;
   iii) Vitesse et direction du vent pour 24 heures ou plus;

c) Des avis de conditions météorologiques dangereuses, particulièrement dans les cas suivants:
   i) Fortes précipitations (quantité et intensité);
   ii) Variations soudaines et persistantes de la température passant au-dessus ou au-dessous du point de congélation;
   iii) Forts vents.

[D.2.] 4

Publication et diffusion de données climatologiques à des fins hydrologiques

[D.2.] 4.1

Chaque Membre devrait publier annuellement ses données climatologiques à des fins hydrologiques, en plus de celles qu'il publie déjà en tant que données climatologiques.

[D.2.] 4.2

La publication des données climatologiques à des fins hydrologiques devrait obéir aux dispositions [B.1.] 4.1.1, [B.1.] 5.2.2, [B.1.] 5.2.3 et [B.1.] 5.2.4 du *Règlement technique*, relatives à la publication des données climatologiques, sauf que les données devraient être groupées en fonction des principaux bassins versants.

NOTE: Pour plus de commodité, le libellé des dispositions [B.1.] 4.1.1, [B.1.] 5.2.2, [B.1.] 5.2.3 et [B.1.] 5.2.4 est reproduit dans l'appendice du présent chapitre.

[D.2.] 4.3

Les données climatologiques publiées ou diffusées pour répondre aux besoins de l'hydrologie devraient comporter des fréquences, sommes ou moyennes, suivant le cas, pour les éléments suivants et pour les unités de temps indiquées dans les dispositions [B.1.] 4.1.1, [B.1.] 4.2.1, [B.1.] 4.2.2 du *Règlement technique*:

a) Température de l'air;

b) Humidité relative;

c) Vitesse et direction du vent;

d) Précipitations (quantité et intensité);

e) Rayonnement solaire;

f) Couverture de neige;

g) Évaporation (bac);

h) Température du thermomètre mouillé;

i) Durée de l'insolation.

NOTE: Pour plus de commodité le libellé des dispositions [B.1.] 4.1.1, [B.1.] 4.2.1, [B.1.] 4.2.2 est reproduit dans l'appendice du présent chapitre.

APPENDICE

(Voir [D.2.] 4.2 et 4.3)

STATISTIQUES CLIMATOLOGIQUES

(Textes reproduits du Volume I, chapitre B.1)

[B.1.] 4.1

Unités de temps

[B.1.] 4.1.1

Les unités de temps utilisées pour le dépouillement des données climatologiques devraient être choisies parmi les unités ci-après:

a) L'année civile selon le calendrier grégorien;

b) Les mois de ce calendrier;

c) Le jour solaire moyen, de minuit à minuit, selon le fuseau horaire ou le fuseau horaire moyen de la station, lorsque les données climatologiques le permettent.

[B.1.] 4.2

Fréquences, sommes et moyennes climatologiques

[B.1.] 4.2.1

Les fréquences, sommes et moyennes (suivant le cas) des observations d'un élément météorologique faites à une heure du jour déterminée ou les moyennes des valeurs extrêmes quotidiennes devraient être calculées soit pour des unités individuelles de temps, soit pour une série d'unités périodiques de temps (par exemple les mois de janvier de dix années consécutives, etc.) en utilisant la désignation internationale de temps.

[B.1.] 4.2.2

Les fréquences, sommes et moyennes (suivant le cas) de toutes ou de la plupart des données ci-après relevées à partir d'un certain nombre de stations climatologiques sélectionnées devraient être calculées pour chaque mois:

a) Pression atmosphérique relevée à heures fixes et réduite au niveau de référence de la station indiquée sous [B.1.] 5.2.2.2 *b*);

b) Température de l'air à heures fixes;

c) Valeurs quotidiennes extrêmes de la température de l'air;

d) Humidité relative à heures fixes;

e) Tension de vapeur à heures fixes;

f) Vitesse du vent à heures fixes et pendant des périodes fixes;

g) Direction du vent à heures fixes;

h) Quantité de nuages à heures fixes;

i) Quantité de précipitations pendant des périodes fixes;

j) Durée de l'insolation effective pendant des périodes fixes.

[B.1.] 5.2.2

Les renseignements généraux figurant dans les rapports climatologiques annuels devraient comprendre:

[B.1.] 5.2.2.1

Un exposé faisant connaître:

a) Les systèmes horaires utilisés;

b) Les types d'instruments employés;

c) Les méthodes de correction;

d) Les méthodes suivies pour calculer les moyennes conventionnelles;

e) Les heures auxquelles les températures extrêmes sont relevées.

[B.1.] 5.2.2.2

Une liste indiquant pour chaque station:

a) Le nom et les coordonnées géographiques;

b) L'altitude du niveau de référence pour la pression de la station;

c) Les hauteurs au-dessus du sol du réservoir du thermomètre, du sommet de l'anémomètre et de la bague du pluviomètre.

NOTE: Des modèles de tableaux pour résumés climatologiques sont insérés dans le *Guide des pratiques climatologiques* (OMM-N° 100).

[B.1.] 5.2.3

Si la langue principale dans laquelle paraît une publication n'est pas l'anglais, l'espagnol, le français ou le russe, tous les titres des tableaux devraient être établis dans l'une de ces langues officielles ou au moyen de symboles ou de lettres universellement admis.

NOTE: Bien que l'arabe et le chinois soient aussi des langues officielles de l'OMM, le Congrès n'en a pas encore approuvé l'emploi à tous les échelons des activités de l'OMM.

[B.1.] 5.2.4

Chaque Membre devrait publier ou fournir, sur le plan national et régional, au moins les données radiométriques suivantes:

a) En ce qui concerne les stations radiométriques principales, les totaux horaires du rayonnement solaire global et du rayonnement du ciel [voir le *Règlement technique*, Volume I, [B.1.] 5.2.4 *a*)];

b) En ce qui concerne les stations radiométriques ordinaires, les totaux quotidiens du rayonnement solaire global [voir le *Règlement technique*, Volume I, [B.1.] 5.2.4 *b*)].

D.3 — BIBLIOGRAPHIE ET PUBLICATIONS HYDROLOGIQUES

[D.3.] 1

Documents et résumés hydrologiques

[D.3.] 1.1

Forme générale des documents et des résumés hydrologiques

[D.3.] 1.1.1

Les publications officielles qui donnent les résultats d'études dans le domaine de l'hydrologie et qui sont susceptibles de faire l'objet d'une diffusion internationale devraient comporter un résumé dans l'une au moins des quatre langues officielles suivantes: anglais, espagnol, français, ou russe.

NOTE: Bien que l'arabe et le chinois soient aussi des langues officielles de l'OMM, le Congrès n'en a pas encore approuvé l'emploi à tous les échelons des activités de l'OMM.

[D.3.] 1.1.2

Le système de translittération cyrillique de l'Organisation internationale de normalisation (ISO) devrait être utilisé dans tous les documents et publications hydrologiques d'usage international.

[D.3.] 1.1.3

Les microfilms, perforés ou non, utilisés pour la reproduction de documents hydrologiques, devraient avoir une largeur de 16, 35 ou 70 mm.

[D.3.] 1.2

Classification des documents et résumés hydrologiques

Les documents, résumés et bibliographies hydrologiques officiels devant faire l'objet d'une diffusion internationale devraient être classés conformément à la section 556 de la Classification décimale universelle (CDU), figurant dans l'appendice, et devraient porter le numéro correspondant à cette classification.

[D.3.] 1.3

Préparation des catalogues et documents hydrologiques

[D.3.] 1.3.1

Les fiches de catalogue, préparées par les Membres et destinées à faire l'objet d'une diffusion internationale, devraient porter les numéros correspondants CDU des documents, livres, brochures et périodiques hydrologiques auxquels se rapportent lesdites fiches.

[D.3.] 1.3.2

Les fiches de catalogue, préparées par les Membres pour les livres, brochures et périodiques, devraient porter les indications suivantes: l'indexation de la Classification décimale universelle, le nom de l'auteur (ou les noms des auteurs), le titre et, éventuellement, sa traduction, le nom du rédacteur en chef, le numéro d'édition, le numéro du volume ou du tome ou l'année de publication ou de réimpression (dans le cas d'une série ou d'un périodique), le numéro de livraison, le lieu de publication, l'éditeur, la date de publication, le nombre de volumes d'un ouvrage isolé, le format, la pagination du livre isolé ou de l'article, les illustrations et les planches, l'indication de collection ou de série, l'indication éventuelle du résumé d'auteur, toute précision rendant le titre plus explicite.

APPENDICE

(Voir [D.2.] 4.2 et 4.3)

STATISTIQUES CLIMATOLOGIQUES

(Textes reproduits du Volume I, chapitre [B.1.])

ANNEXE

INSTRUMENTS ET MÉTHODES D'OBSERVATION HYDROLOGIQUE

		Page
Définitions		III-An. – 3
I	— Étalonnage des moulinets en bassins découverts rectilignes	III-An. – 9
II	— Appareils de mesure du niveau	III-An. – 13
III	— Matériel de sondage et de suspension pour le mesurage direct de la profondeur	III-An. – 19
IV	— Moulinets à coupelles et à hélices	III-An. – 23
V	— Déversoirs préétalonnés pour la détermination du débit	III-An. – 25
VI	— Installation et exploitation d'une station hydrométrique	III-An. – 27
VII	— Détermination de la relation hauteur-débit	III-An. – 39
VIII	— Calcul de l'erreur limite sur les mesures de débit	III-An. – 43
IX	— Mesure de débit au moyen de canaux jaugeurs	III-An. – 47
X	— Méthodes de dilution pour le mesurage du débit	III-An. – 51
XI	— Mesures de la profondeur de l'eau – Écho-sondeurs	III-An. – 53
XII	— Mesure de débit par la méthode du canot mobile	III-An. – 55
XIII	— Surveillance de la qualité des eaux	III-An. – 57

DÉFINITIONS

NOTE: La liste ci-après donne les définitions des différents termes utilisés dans l'annexe du Volume III — Hydrologie — du *Règlement technique*. Les termes qui ont déjà été définis au début du *Règlement technique* ne sont pas reproduits dans cette liste.

Acidité. Mesure de la capacité du milieu aqueux de réagir avec des ions hydroxyles.

Adsorption. Rétention en surface de molécules, atomes ou ions solides, liquides ou gazeux par un solide ou un liquide.

Appareil de prélèvement à pompe. Appareil captant le mélange eau-sédiments par une conduite ou un tuyau dont l'extrémité est placée au point de prélèvement souhaité.

Appareil à prélèvements multiples. Instrument permettant le prélèvement simultané de plusieurs échantillons de matières en suspension de volumes égaux ou différents.

Bassin d'étalonnage. Bassin contenant de l'eau liquide au repos dans laquelle on déplace le moulinet à vitesse constante pour l'étalonner.

Bâton lesté, bâton de vitesse. Bâton flottant lesté à sa base, de façon qu'il se déplace dans le courant en position presque verticale; la partie immergée du bâton peut être de longueur réglable.

Bief. Tronçon d'un chenal découvert entre deux sections transversales.

Bief de mesurage. Tronçon d'un canal découvert choisi pour mesurer le débit.

Blanc. Échantillon d'eau distillée ou désionisée exempte des matières à analyser.

Câble de suspension. Câble auquel est suspendu le moulinet, comportant éventuellement un ou plusieurs conducteurs isolés (câble électroporteur).

Canal jaugeur. Canal de forme et de dimensions bien déterminées permettant le mesurage des débits.

Canal jaugeur (canal jaugeur à col, canal jaugeur à ressaut). Canal jaugeur avec contraction latérale et/ou contraction verticale, dans lequel l'écoulement passe du régime fluvial au régime torrentiel et où le débit est déterminé au moyen de l'aire de la section transversale et de la vitesse de l'écoulement pour la profondeur critique dans le col.

Célérité. Vitesse de propagation d'une onde.

Chenal stable. Chenal dont le lit et les berges ne subissent pas de modification sensible, au moins dans le bief de contrôle, pendant une longue période et où les dépôts et les affouillements durant la crue et la décrue sont trop faibles pour avoir une influence sur l'étalonnage.

Champ d'inondation. Partie d'une vallée, extérieure au lit principal mais contiguë à celui-ci, qui n'est submergée que lorsque le débit du cours d'eau excède la capacité de débit du lit principal.

Col. Section transversale la plus étroite dans un canal jaugeur. Elle peut revêtir n'importe quelle forme (rectangulaire, trapézoïdale, en U, etc.).

Confluent. Point de jonction de deux ou plusieurs rivières.

Contractions latérales.

a) Réduction de la largeur de la lame déversante due aux composantes de la vitesse orientée vers le centre de l'écoulement et régnant sur les bords latéraux;

b) Réduction locale dans la largeur d'un chenal dans un canal jaugeur à ressaut.

Contrôle hydraulique. Caractéristiques physiques d'un chenal, naturel aussi bien qu'artificiel, qui déterminent la relation entre la hauteur et le débit à un emplacement dans le chenal.

Correction de câble exondé. Correction de dérive correspondant à la partie du câble de suspension se trouvant au-dessus de la surface de l'eau, lorsque l'écoulement fait dévier ce câble vers l'aval.

Correction de câble immergé. Correction de dérive correspondant à la partie du câble de suspension se trouvant sous la surface de l'eau lorsque l'écoulement fait dévier ce câble vers l'aval.

Courant de densité. Phénomène d'écoulement par gravité d'un liquide par rapport à un autre ou écoulement relatif au sein d'un même liquide, par suite d'une différence de densité.

Courant de fond (voir ***courant de densité***).

Crête, seuil. Ligne ou surface définissant le sommet du déversoir.

Critères de qualité de l'eau. Informations scientifiques — exemple: concentration — utilisées pour définir des objectifs de qualité de l'eau.

Dénivelée. Différence entre la hauteur de la surface de l'eau en deux points d'un cours d'eau à un moment donné. Lorsque la dénivelée est brutale, on l'appelle chute.

Déversoir. Dispositif par-dessus lequel l'eau s'écoule. On l'utilise soit pour régler le niveau de l'eau en amont, soit pour mesurer le débit, soit pour les deux.

Déversoir à contraction. Déversoir dont le seuil ne s'étend pas sur toute la largeur du canal.

Déversoir à échancrure. Déversoir en mince paroi de n'importe quelle forme, provoquant des contractions latérales.

Déversoir à extrémité arrondie. Déversoir à extrémité arrondie en amont.

Déversoir à seuil épais. Déversoir dont la crête a une dimension suffisante (dimension de la crête dans la direction de l'écoulement) pour que le régime critique se produise en un point de la crête.

Déversoir en mince paroi. Déversoir réalisé de façon à ce que la lame déversante ne soit en contact avec la crête que suivant une ligne.

Déversoir noyé. Déversoir pour lequel la cote du niveau de l'eau en amont est influencée par celle du niveau en aval.

Déversoir rectangulaire. Déversoir en mince paroi dont la forme est rectangulaire dans le plan perpendiculaire à la direction de l'écoulement.

Déversoir triangulaire. Déversoir en mince paroi dont l'échancrure est formée par deux arêtes également inclinées sur la verticale, dans le plan perpendiculaire à la direction de l'écoulement.

Distribution normale (distribution de Laplace-Gauss). Distribution continue, symétrique, en forme de cloche, définie mathématiquement, qui est traditionnellement censée représenter les erreurs fortuites.

Eau stagnante. Eau ayant un mouvement très ralenti ou complètement immobile.

Écart type (s_y). Racine carrée positive de la somme des carrés des écarts par rapport à la moyenne arithmétique divisée par (n – 1); l'écart type est donné par l'équation suivante:

$$s_y = \left[\frac{\sum_1^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1} \right]^{\frac{1}{2}}$$

où $\bar{y}$ est la moyenne arithmétique de n mesures indépendantes de la variable y.

Échantillon ponctuel. Échantillon prélevé en un emplacement, à une profondeur et à un moment choisis.

Échantillon séquentiel intégré dans le temps. Échantillon obtenu soit par pompage continu et constant d'eau, soit par mélange de volumes d'eau égaux à intervalles réguliers. Ce type d'échantillon représente la qualité moyenne de l'eau pendant la période de prélèvement.

Échantillonneur Kemmerer. Appareil à prélèvement automatique ponctuel vertical d'échantillons de matières en suspension dans l'eau.

Échantillonneur Shipek. Instrument conçu pour prélever des échantillons relativement peu perturbés à la surface du fond (appelé aussi mini-Shipek).

Échantillonneur Van Dom. Appareil à prélèvement automatique ponctuel d'échantillons de matières en suspension dans l'eau à une profondeur déterminée. L'axe longitudinal du cylindre peut être abaissé en position horizontale ou verticale.

Échantillons identiques (dans l'espace). Deux échantillons ou plus prélevés simultanément dans la section en travers étudiée. Ils sont utilisés pour mesurer, dans une section en travers, les variations des paramètres de qualité de l'eau.

Échantillons identiques (dans le temps). Deux échantillons ou plus prélevés au même endroit à intervalles déterminés sur une période donnée. Ils sont utilisés pour déterminer l'incertitude concernant divers paramètres de qualité de l'eau, imputable à des variations dans le temps.

Écho-sondeur (sondeur à ultrasons). Instrument qui utilise la réflexion acoustique sur le lit d'un cours d'eau pour mesurer la profondeur.

Écoulement dénoyé. Écoulement qui n'est pas influencé par le niveau de l'eau en aval d'un ouvrage, par exemple d'un dispositif de mesurage.

Élément enrichisseur. Substance chimique connue ajoutée en quantités connues à un échantillon.

Erreur. Différence entre le résultat d'une mesure et la valeur vraie de la grandeur mesurée.

NOTE: Ce terme désigne aussi la différence entre le résultat d'une mesure et la meilleure approximation de la valeur vraie, plutôt que la valeur vraie elle-même. La meilleure approximation peut être obtenue en faisant la moyenne de plusieurs ou de nombreuses mesures.

Erreur fortuite. Partie de l'erreur totale qui varie de façon imprévisible en importance et en signe lorsque les mesures d'une grandeur donnée se font dans les mêmes conditions.

Erreur limite. Intervalle à l'intérieur duquel on peut espérer que se trouve la valeur vraie avec une probabilité donnée.

Erreur systématique. Partie de l'erreur qui:

a) Soit demeure constante au cours d'un certain nombre de mesures d'une grandeur donnée;

b) Soit varie selon une loi bien déterminée lorsque les conditions changent.

Erreur type d'estimation (s_e). Mesure de la variation ou de la dispersion des observations par rapport à une relation de régression linéaire. Elle est numériquement identique à l'écart type, sauf que la relation de régression remplace la moyenne et que (n – 1) est remplacé par (n – m):

$$S_e = \left[\frac{\sum_1^n (d_i)^2}{n-m} \right]^{\frac{1}{2}}$$

où d_i est l'écart d'une observation par rapport à la valeur de régression calculée, m est le nombre de constantes dans l'équation de régression et (n – m) représente les degrés de liberté dans la résolution de l'équation.

Étalonnage. Détermination expérimentale de la relation entre la quantité à mesurer et l'indication donnée par l'instrument, le dispositif ou le procédé de mesure.

Filtration. Procédé consistant à faire passer un liquide à travers un filtre pour retirer les matières en suspension ou colloïdales.

Flotteur. Tout corps naturel ou artificiel porté par l'eau, partiellement ou entièrement immergé, dont les mouvements verticaux indiquent les variations du niveau de l'eau et dont le déplacement horizontal indique la vitesse de l'eau à la surface ou à diverses profondeurs.

Flotteur double. Corps dont la flottabilité est légèrement négative, qui se déplace avec le cours d'eau à une profondeur connue et dont la position est indiquée par un petit flotteur de surface auquel il est suspendu.

Flotteur profond. Flotteur dont la traînée est localisée en dessous de la surface, pour mesuer les vitesses profondes.

Flotteur superficiel. Flotteur dont la traînée est localisée près de la surface, pour mesurer les vitesses superficielles.

Géochimie. Science qui traite de la composition chimique de la croûte terrestre et des modifications chimiques de cette croûte.

Hauteur de lame. Hauteur du liquide au-dessus du point le plus bas de la crête du déversoir, mesurée en un point amont (le point de mesurage dépend du type de déversoir utilisé).

Hauteur de pelle. Hauteur entre le lit et le point le plus bas de la crête du déversoir, mesurée en amont de celui-ci.

Herbicide. Agent chimique qui détruit une végétation spécifique.

Homogène. Uniforme quant à la composition.

Hystérésis (dans la relation hauteur-débit). Phénomène qui affecte la relation hauteur-débit à une station de jaugeage lorsque la pente de la surface de l'eau est variable et qui a pour effet de faire correspondre, à une hauteur donnée à l'échelle, des débits différents suivant qu'on est à la crue ou à la décrue.

Intervalle de confiance. Intervalle qui contient la valeur vraie avec une probabilité imposée et qui est fonction des caractéristiques statistiques de l'échantillon.

Lame déversante. Nappe d'eau s'écoulant au-dessus de la crête d'un mur, d'un barrage ou d'un déversoir construit en travers d'un cours d'eau; présente une surface inférieure et une surface supérieure.

Limite de détection. Concentration la plus faible d'une substance dont la présence peut être détectée avec un degré déterminé de précision et d'exactitude par une méthode d'analyse spécifique.

Limnimètre à flotteur. Limnimètre dont l'élément essentiel est un flotteur qui suit les variations du niveau de la surface de l'eau, ce mouvement étant transmis à un dispositif de lecture ou d'enregistrement (dans ce dernier cas, l'appareil est appelé limnigraphe).

Lit instable (voir ***chenal stable***).

Longueur de bon mélange. Distance minimale parcourue par un traceur au-delà de laquelle on obtient un mélange considéré comme correct pour les besoins du mesurage.

Macrophytes. Grands végétaux.

Marée. Montée et baisse périodiques de l'eau dans les océans et les grands lacs, dues principalement à l'attraction de la Lune et du Soleil.

Mesure aberrante. Valeur dont on sait avec certitude qu'elle est fausse, par exemple par suite d'erreurs humaines ou d'erreurs dues à un mauvais fonctionnement des instruments.

Mesures in situ. Mesures effectuées directement dans le milieu observé.

Méthode de dilution. Méthode dans laquelle le débit d'un cours d'eau est déterminé en mesurant le taux de dilution dans l'écoulement d'une solution de traceur injectée.

Méthode d'injection à débit constant. Méthode de mesurage du débit dans laquelle un traceur de concentration connu est injecté à débit constant et connu dans une section, sa dilution étant mesurée dans une section située à l'aval en un point où le mélange est considéré comme satisfaisant.

Méthode du canot mobile. Méthode de mesure du débit dans laquelle un canot traverse le cours d'eau le long de la section de mesurage, tandis qu'on mesure continuellement la vitesse, la profondeur et la distance parcourue.

Méthode par intégration (injection en une fois ou en plusieurs fois). Méthode de mesurage du débit dans laquelle une quantité connue de traceur est injectée rapidement dans une section, sa dilution étant mesurée dans une section située à l'aval, en un point où le mélange est considéré comme satisfaisant, pendant une période de temps suffisante pour que la totalité du traceur ait pu franchir cette section de sorte que le rapport concentration/temps du traceur pendant l'échantillonnage peut être déterminé.

Moulinet. Dispositif servant à mesurer la vitesse de l'eau en un point.

Moulinet à coupelles. Moulinet dont le rotor se compose d'une roue pourvue de coupelles tournant autour d'un axe vertical.

Moulinet à hélice. Moulinet dont le rotor est constitué par une hélice tournant autour d'un axe parallèle à l'écoulement.

Moyenne arithmétique. Quotient d'une somme de valeurs/variables par leur nombre/par le nombre de cas.

Moyenne pondérée. Moyenne arithmétique d'une série de résultats de mesures, calculée en faisant la somme des valeurs observées, affectées d'un poids (la somme des poids étant égale à l'unité).

Niveau de confiance. Probabilité pour que l'intervalle de confiance contienne la valeur vraie.

Nombre de Froude. Nombre sans dimension exprimant le rapport des forces d'inertie aux forces de gravité:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot d}}$$

v = vitesse caractéristique (vitesse maximale, moyenne ou superficielle)

g = accélération de la pesanteur

d = profondeur moyenne

Nucléides produits par le rayonnement cosmique. Radio-isotopes à courte période tels que le tritium, le beryllium-7 et le carbone-14 formés par les électrons et les noyaux atomiques provenant de l'espace et interagissant avec certains éléments atmosphériques et terrestres.

Objectif de qualité de l'eau. Concentration ou formule de composition qu'il convient de respecter pour garantir la qualité de l'eau utilisable.

Onde stationnaire. Type d'onde dans lequel la surface de l'eau oscille verticalement entre des nœuds fixes.

Perche de sondage. Tige rigide utilisée pour mesurer la profondeur de l'eau.

Perche de jaugeage. Perche graduée, rigide et légère, que l'on tient à la main, pour mesurer la profondeur et mettre le moulinet en position afin de mesurer la vitesse dans les chenaux peu profonds.

NOTE: Ce dispositif peut être utilisé à partir de bateaux ou d'une couverture de glace, dans les chenaux peu profonds.

Périphyton. Ensemble d'organismes aquatiques fixés ou accrochés à des végétaux enracinés dans le fond.

Pesticide. Agent chimique qui détruit les nuisibles.

Plage. Différence entre la valeur la plus basse et la plus élevée d'une série de données.

Plancton. Organismes de petite dimension, le plus souvent microscopiques, qui soit ont une faible capacité de locomotion soit dérivent dans l'eau sous l'effet des vagues et des courants.

Porte-bouteille. Dispositif conçu pour recevoir les bouteilles de prélèvement de différentes dimensions.

Profil du lit (d'un cours d'eau). Section de la surface du lit par un plan vertical. Il s'agit d'un profil en long (dans le sens de l'écoulement) ou d'un profil en travers (dans une section).

Profondeur critique. Profondeur de l'eau dans un canal découvert en régime critique.

Puits de limnigraphe. Puits relié au cours d'eau de façon à permettre le mesurage du niveau en eau relativement calme.

Radier. Partie inférieure de la section transversale d'un canal ou autre ouvrage hydraulique.

Radioactivité. Propriété que possèdent certains éléments d'émettre spontanément des rayons alpha, béta, ou gamma ou des neutrons, par désintégration de leur noyau.

Régime critique. Écoulement dans lequel le nombre de Froude est égal à l'unité. La célérité des petites perturbations est alors égale à la vitesse moyenne du courant.

Régime fluvial. Écoulement pour lequel le nombre de Froude est inférieur à l'unité et où une petite perturbation superficielle se déplace vers l'amont et vers l'aval.

Régime supercritique. Écoulement pour lequel le nombre de Froude est supérieur à l'unité et où une petite perturbation se déplace vers l'aval.

Repère de nivellement. Marque permanente, naturelle ou artificielle, à une cote connue par rapport à un niveau de référence fixe.

Saumon. Poids profilé, fixé à une sonde ou au dispositif de suspension d'un moulinet, lors des mesures de vitesses et/ou de profondeurs dans un cours d'eau.

Section de contrôle d'un déversoir ou d'un canal jaugeur. Section provoquant l'écoulement critique.

Section de contrôle variable. Section de contrôle où la relation entre le niveau et le débit varie par suite de changements physiques dans le cours d'eau.

Section de prélèvement. Section du cours d'eau où sont prélevés les échantillons, où la dilution du traceur est mesurée directement (*in situ*).

Section d'injection. Section du cours d'eau dans laquelle on injecte une solution de traceur au cours d'un jaugeage.

Section en travers. Section d'un cours d'eau à angle droit par rapport à la direction principale (moyenne) du courant.

Sédiments de fond. Sédiments qui constituent le lit d'un écoulement ou d'une masse d'eau inerte.

Seuil à profil triangulaire. Déversoir à seuil épais dont le profil est triangulaire dans un plan vertical parallèle à la direction de l'écoulement.

NOTE: À ne pas confondre avec le déversoir triangulaire.

Sondage. Mesurage de la profondeur de l'eau au moyen d'une ligne ou d'une perche de sondage ou par tout autre procédé.

Sonde. Câble, chaîne ou filin lesté utilisé pour mesurer la profondeur de l'eau.

Sondeur acoustique. Instrument qui utilise la réflexion d'un signal acoustique sur le fond pour en déterminer la profondeur.

Sous-échantillon ou fraction d'échantillon. Échantillon obtenu en divisant un échantillon en plusieurs sous-échantillons identiques.

Subsidence. Abaissement du niveau d'une portion importante de la surface du sol, dû à un prélèvement des matériaux sous-jacents ou à leur entraînement par l'eau après dissolution.

Téflon. Polytétrafluoréthylène — matière plastique synthétique inerte en présence de la plupart des produits chimiques ou réactifs à l'exception des métaux alcalins fondus. Il est utilisé pour l'équipement en laboratoire et sur le terrain.

Tolérance. Variation admissible de la valeur spécifiée d'une grandeur.

Traceur. Substance chimique, éventuellement radioactive, introduite dans un système d'écoulement pour suivre le comportement d'un composé quelconque de ce système; le traceur que l'on peut observer doit se comporter de la même manière que le composé à suivre dont le comportement ne peut pas être facilement observé.

Traînée. Force exercée sur un corps dans la direction de son mouvement relatif par un fluide réel, par exemple l'eau, dans lequel il est immergé.

Tranquillisateur. Dispositif placé dans un courant pour améliorer la distribution des vitesses.

Transducteur. Dispositif qui répond à un phénomène et produit un signal qui est fonction d'une ou de plusieurs caractéristiques du phénomène.

Tube de Pitot. Tube coudé à angle droit dont l'extrémité est ouverte et orientée vers l'amont quand on le plonge dans un courant. La vitesse peut être déduite de la différence mesurée entre la charge statique et la charge dynamique.

Valeur vraie. Valeur qui est censée caractériser une grandeur dans les conditions qui existent au moment où on la considère (notamment pour en faire une détermination). C'est une valeur idéale qu'il n'est possible d'atteindre qu'en éliminant toutes les causes d'erreur.

Verticale de prélèvement. Verticale allant de la surface de l'eau jusqu'au fond et selon laquelle on prélève un ou plusieurs échantillons pour déterminer diverses propriétés de la masse liquide.

Viscosité. Propriété d'un liquide de résister au cisaillement en présence de gradients de vitesse. Elle est en général exprimée par un coefficient.

Vitesse critique. 1) Valeur de la vitesse en écoulement critique. 2) Vitesse à laquelle l'écoulement passe du régime fluvial au régime turbulent, ou inversement.

I – ÉTALONNAGE DES MOULINETS EN BASSINS DÉCOUVERTS RECTILIGNES

(*Voir* [D.1.2.] 3.1.1)

I-1 Objet et domaine d'application

NOTE: La présente section est fondée sur la norme ISO 3455 (1976) intitulée «Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Étalonnage des moulinets à élément rotatif en bassins découverts rectilignes».

La présente section spécifie le mode opératoire à suivre pour l'étalonnage des moulinets, en vue de mettre en application les dispositions du *Règlement technique* énoncées sous [D.1.2.] 3.1 et de satisfaire au critère de précision pour la mesure du débit des cours d'eau indiqué sous [D.1.2.] 3.6. Elle spécifie également le type de bassin et de matériel utilisés, ainsi que le mode de présentation des résultats.

NOTE: On trouvera des recommandations détaillées concernant l'étalonnage des moulinets dans le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168) et dans le *Manual on Stream Gauging* (WMO-No. 519).

I-2 Principe de l'étalonnage

Il faudrait déplacer le moulinet en eau claire morte, dans un bassin rectiligne de section uniforme, à un certain nombre de vitesses uniformes et mesurer la vitesse du chariot de remorquage et la vitesse de rotation du rotor du moulinet. Les deux séries de valeurs devraient être liées par une ou plusieurs équation(s) dont les limites d'application devraient être indiquées.

I-3 Caractéristiques de construction des stations d'étalonnage

I-3.1 Dimensions du bassin d'étalonnage

NOTE: Les dimensions du bassin et le nombre et la position relative des moulinets dans sa section peuvent affecter les résultats des essais.

Longueur

a) La longueur totale d'un bassin d'étalonnage devrait être fixée par la longueur des quatre sections qui le constituent, à savoir: la section d'accélération, la section de stabilisation, la section de mesurage et la section de freinage;

b) La longueur des sections d'accélération et de freinage devrait être compatible avec la conception du chariot et la vitesse maximale de remorquage du moulinet dans le bassin. La longueur nécessaire de la section de freinage est déterminée par des impératifs de sécurité;

c) La longueur de la section de mesurage devrait être telle que l'erreur d'étalonnage, qui se compose des incertitudes sur la mesure du temps, de la distance parcourue et de la vitesse de rotation, ne dépasse à aucune vitesse la tolérance requise.

Exemple: Si, pour déterminer la distance parcourue par le chariot, ainsi que le nombre de tours du moulinet, on mesure le temps avec une erreur limite de 0,01 s, afin d'être sûr que l'erreur de mesurage du temps ne dépasse pas 0,1 % avec un niveau de confiance de 95 %, la durée de l'essai devrait être de 10 s au moins à la vitesse maximale. Si la vitesse maximale est de 6 m/s, la section de mesurage du bassin devrait être longue de 60 m; la longueur totale du bassin devrait donc être de 100 m environ dont 20 m réservés à l'accélération et à la stabilisation et 20 m au freinage.

NOTE: On trouvera dans le *Manual on Stream Gauging* (WMO-No. 519) une description détaillée de plusieurs bassins.

I-3.2 Chariots d'étalonnage

I-3.2.1 Pour déplacer le moulinet dans l'eau à des vitesses constantes et mesurées avec précision, il faudrait le suspendre à un chariot se déplaçant sur des rails ou sur une voie.

I-3.2.2 Les rails ou la voie devraient être rigoureusement parallèles à l'axe longitudinal du bassin et le plan des rails devrait être parallèle à la surface de l'eau du bassin.

I-3.2.3 Les roues du chariot devraient être exemptes de toute irrégularité pour empêcher les à-coups dans le mouvement du chariot et l'apparition de vibrations qui peuvent se transmettre au moulinet et affecter l'étalonnage.

NOTE: On utilise communément deux types de chariots, à savoir:

a) Le chariot remorqué qui est mû le long des rails par l'intermédiaire d'un câble entraîné par un moteur de vitesse constante placé à l'extérieur du chariot mobile. Le chariot remorqué peut être de construction légère, d'où l'avantage d'une accélération et d'un freinage rapides, mais l'élasticité du câble de remorquage peut provoquer des irrégularités dans la marche du chariot;

b) Le chariot autopropulsé qui se déplace sur les rails grâce à un moteur incorporé. Le chariot autopropulsé est de construction plus lourde puisqu'il doit également supporter le moteur d'entraînement, ce qui augmente son inertie et contribue à la régularisation du mouvement du chariot.

I-3.3 Appareillage de mesure

NOTE: L'étalonnage d'un moulinet exige le mesurage simultané des trois grandeurs suivantes:

a) La distance parcourue par le chariot;

b) Le nombre d'impulsions émises par le moulinet;

c) Le temps.

La vitesse de remorquage est calculée d'après le mesurage simultané de la distance et du temps, et la vitesse de rotation du rotor est obtenue par le mesurage simultané du nombre d'impulsions et du temps.

I-3.3.1 *Distance*

L'erreur limite sur la distance mesurée ne devrait pas dépasser 0,1 % pour un niveau de confiance de 95 %.

NOTE: Deux des méthodes les plus couramment utilisées sont les suivantes:

a) La fixation, à intervalles réguliers sur toute la longueur du bassin d'étalonnage, de repères qui actionnent des transmetteurs mécaniques ou optiques d'impulsions fixés au chariot;

b) L'utilisation de roues de mesurage pourvues de transmetteurs mécaniques ou photo-électriques d'impulsions qui sont tirées par le chariot le long du rail.

I-3.3.2 *Temps*

La précision de la mesure du temps devrait être telle que la marge d'erreur ne dépasse pas 0,1 % pour un niveau de confiance de 95 %.

NOTE: Deux des méthodes les plus couramment utilisées sont les suivantes:

a) Une horloge donnant une impulsion de contact à intervalles d'une ou de plusieurs secondes. Ces impulsions de temps sont généralement enregistrées sur un graphique ou sur une bande magnétique avec celles de l'élément rotatif du moulinet et celles qui correspondent aux distances parcourues. Le temps correspondant à un nombre entier d'impulsions du moulinet se détermine généralement par interpolation des impulsions de temps;

b) Des horloges électroniques capables de mesurer des fractions de seconde permettant d'enregistrer et d'afficher un nombre défini d'intervalles de distance et un nombre correspondant d'impulsions du moulinet.

I-3.3.3 *Impulsions du moulinet*

a) L'erreur limite concernant la vitesse de rotation du rotor ne devrait pas dépasser 0,1 % pour un niveau de confiance de 95 %. Les impulsions du moulinet devraient être comptées ou enregistrées;

b) Pour déterminer le nombre de tours de moulinet dans un temps donné, le mesurage devrait être effectué entre des points identiques de l'impulsion de celui-ci;

c) Si l'on procède à l'enregistrement, la vitesse de l'enregistreur devrait être réglable, de manière à faire correspondre l'écart entre les impulsions du moulinet avec la vitesse du chariot et la précision de mesurage désirée.

I-3.4 Matériel auxiliaire

Pour accroître l'efficacité d'une station d'étalonnage de moulinets, on devrait utiliser un certain nombre de matériels auxiliaires:

a) Matériels de filtration, de dosage, d'épuration pour veiller à ce que l'eau soit claire;

b) Des dispositifs de tranquillisation, réduisant la réflexion des perturbations de l'eau sur les parois extrêmes du bassin;

c) Des dispositifs pour vérifier qu'un moulinet à suspension par câble est correctement aligné au commencement de l'essai;

d) Un thermomètre pour indiquer la température de l'eau dans le bassin.

NOTE: Il faut mesurer la température de l'eau du bassin pour déterminer l'existence de courants de densité dans le bassin et calculer la viscosité du lubrifiant utilisé dans le moulinet à étalonner.

I-4 Méthode d'étalonnage

I-4.1 Instructions pour l'étalonnage

Les instructions pour l'étalonnage devraient comporter:

a) Les limites des vitesses d'étalonnage;

b) Des précisions relatives aux moyens de suspension et au lest;

c) Pour les moulinets à chambre d'huile, des spécifications relatives à l'huile utilisée;

d) Des renseignements quant aux documents d'étalonnage requis (équations, graphiques ou tables d'étalonnage et unités dans lesquelles les résultats doivent être exprimés);

e) Toutes les prescriptions particulières, par exemple étalonnage du moulinet «dans l'état où il a été livré» et «après réparation».

I-4.2 Suspension du moulinet

I-4.2.1 Avant l'immersion du moulinet dans l'eau, on devrait vérifier sa propreté, sa lubrification et son fonctionnement mécanique et électrique.

I-4.2.2 La suspension du moulinet devrait normalement être la même que celle qui est utilisée pour les mesurages sur le terrain.

I-4.2.3 Le moulinet devrait être placé à une profondeur suffisante au-dessous de la surface de l'eau pour que l'influence de la surface soit négligeable.

NOTES:

a) Pour un moulinet à hélice, une profondeur (comptée de la surface du liquide à l'axe de rotation) égale à deux fois le diamètre de l'hélice est en général suffisante.

b) Un moulinet à coupelles devrait être immergé à une profondeur minimale de 0,3 m ou à une fois et demie la hauteur du rotor, si cette dernière valeur est supérieure.

I-4.2.4 Si l'on étalonne plusieurs moulinets simultanément, il faudrait veiller à ce qu'il ne se produise pas d'interférence entre eux.

I-4.2.5 Lorsque le moulinet est fixé sur une perche, il devrait lui être lié de façon suffisamment rigide pour qu'on soit assuré qu'il reste parallèle à la direction du mouvement.

I-4.2.6 Un moulinet suspendu à un câble devrait être aligné sur la direction du mouvement au début de chaque parcours.

I-4.2.7 Si le moulinet est d'un type susceptible de pivoter dans un plan vertical et/ou horizontal, son équilibre devrait être vérifié et, si besoin est, réglé avant le début des essais d'étalonnage pour qu'il soit horizontal et perpendiculaire à la section transversale.

I-4.3 Exécution de l'étalonnage

I-4.3.1 *Vitesse minimale de réponse*

La vitesse minimale de réponse devrait être déterminée en augmentant progressivement la vitesse du chariot à partir de l'arrêt jusqu'à ce que l'élément rotatif tourne à une vitesse angulaire constante.

I-4.3.2 *Nombre de points d'étalonnage*

Les mesurages devraient se faire à partir de la vitesse minimale de réponse pour un nombre de vitesses de remorquage suffisant pour définir avec précision l'étalonnage du moulinet.

NOTE: Il faut, en général, prévoir de plus petits intervalles de vitesse pour les valeurs inférieures de la gamme, car c'est d'ordinaire pour ces valeurs que l'on observe les plus grands pourcentages d'erreurs.

I-4.3.3 *Temps de tranquillisation*

L'eau du bassin devrait être relativement tranquille avant chaque essai, et la période d'attente devrait être choisie de sorte que les vitesses résiduelles soient négligeables par rapport à la vitesse de l'essai suivant.

NOTE: La durée de tranquillisation de l'eau dépend des dimensions du bassin, du type de dispositifs d'amortissement, de la vitesse de l'essai précédent, de la taille et de la forme des moulinets et de la partie immergée du matériel de suspension.

I-5 Présentation des résultats

I-5.1 Diagrammes d'étalonnage

Les points d'étalonnage devraient être portés sur un graphique ayant comme ordonnée la vitesse v et comme abscisse la vitesse de rotation du rotor n.

I-5.2 Équations d'étalonnage

Le certificat d'étalonnage devrait indiquer l'équation (les équations) de la (des) droite(s) à laquelle (auxquelles) la courbe d'étalonnage peut être assimilée, en précisant les intervalles des valeurs de n dans lesquels chacune d'elles est applicable:

a) $v = a + bn$

où:

v est la vitesse, en mètres par seconde;

n est la vitesse de rotation du rotor, en tours par seconde;

a et b sont des constantes déterminées pour chaque équation;

ou

b) $v = a + b\frac{N}{t}$

lorsqu'il est commode de faire apparaître le temps t correspondant au nombre total N de tours du rotor.

€

I-5.3 Tables d'étalonnage

La relation entre v et n devrait être présentée sous forme de tables.

NOTE: On peut donner la vitesse tous les 0,01 rev s^{-1} ou pour un nombre entier de tours en un temps prédéterminé, ou encore en fonction du temps correspondant à un nombre prédéterminé de tours.

I-5.4 Certificat d'étalonnage

Outre les éléments mentionnés sous I-5.1, I-5.2 et I-5.3, le certificat d'étalonnage devrait indiquer les renseignements suivants:

a) Le nom et l'adresse de la station d'étalonnage;

b) La date de l'étalonnage;

c) Le numéro de l'étalonnage;

d) La marque et le type de moulinet;

e) Le numéro de série du moulinet et de chaque rotor;

f) Des détails sur la suspension utilisée et le lest;

g) La position du moulinet dans la section transversale du bassin;

h) L'indication de la vitesse minimale de réponse;

i) Les limites d'étalonnage;

j) Toutes les observations, notamment étalonnage du moulinet «dans l'état où il a été livré», ou indication des modifications apportées au moulinet, notamment de l'adaptation de pièces de rechange;

k) La température de l'eau lors de l'étalonnage;

l) La viscosité de l'huile des roulements;

m) Une indication de la précision de l'équation d'étalonnage, qui devrait comprendre une évaluation de la précision de la méthode d'étalonnage de base;

n) La signature du responsable de l'équipe de la station d'étalonnage.

II – APPAREILS DE MESURE DU NIVEAU

(*Voir* [D.1.2.] 3.1.2)

II-1 Objet et domaine d'application

NOTES:

a) La présente section est fondée sur la norme ISO 4373 (1995) intitulée «Mesure de débit des liquides dans les chenaux — Appareils de mesure du niveau de l'eau».

b) On trouvera des recommandations détaillées concernant les appareils de mesure du niveau dans le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168) et dans le *Manual on Stream Gauging* (WMO-No. 519).

La présente section spécifie les conditions de fonctionnement:

a) D'un puits de limnigraphe à flotteur, avec un tuyau de prise;

b) Des indicateurs limnimétriques;

c) Des appareils enregistreurs;

en vue de mettre en application les dispositions du *Règlement technique* énoncées sous [D.1.2.] 3.1 et de satisfaire aux critères de précision pour la mesure de la hauteur d'eau des rivières, des lacs et des réservoirs, et des niveaux des nappes indiqués sous [D.1.2.] 3.5.

II-2 Puits de limnigraphe et prises d'eau

II-2.1 Puits de limnigraphe

NOTE: Le puits de limnigraphe a pour fonction:

a) De contenir les instruments et de protéger le flotteur;

b) D'obtenir à l'endroit de la mesure le même niveau que dans la rivière;

c) D'amortir les oscillations de la surface de l'eau.

II-2.1.1 Le puits peut être creusé en retrait dans la berge ou installé (tube ou tour) dans la rivière; dans ce dernier cas, on devrait éviter que les effets dynamiques du courant aient une trop grande influence sur le niveau dans le tube ou la tour.

II-2.1.2 Le puits ne devrait pas perturber le régime d'écoulement dans le chenal d'approche et, s'il est associé à un contrôle hydraulique, il devrait être placé dans la fosse en amont de celui-ci, et suffisamment loin du contrôle pour ne pas subir l'effet d'abaissement de la ligne associé à un contrôle d'eau.

II-2.1.3 Le puits devrait avoir des fondations solides lorsqu'il est placé dans la rive et être solidement ancré lorsqu'il se trouve dans le cours d'eau, de façon à demeurer stable en toutes circonstances.

II-2.1.4 Le puits et tous les joints de construction du puits et des tuyaux de prise devraient être étanches de manière que l'eau ne puisse entrer ou sortir que par la prise elle-même.

II-2.1.5 Le puits devrait être vertical et avoir une hauteur et une profondeur suffisantes pour permettre le libre déplacement du flotteur dans toute la gamme des niveaux d'eau possibles.

II-2.1.6 Les dimensions du puits devraient permettre le fonctionnement sans encombre de tous les instruments qui y sont installés. La distance entre les parois et le flotteur devrait être d'au moins 75 mm et, si le puits contient deux flotteurs ou plus, la distance entre les deux flotteurs devrait être d'au moins 150 mm. Dans les rivières à transport solide important, le puits devrait être suffisamment large pour qu'il soit possible d'y pénétrer pour le nettoyer.

II-2.1.7 Lorsqu'il est situé dans la berge du cours d'eau, le puits de limnigraphe devrait avoir un fond étanche pour empêcher le suintement en provenance de l'extérieur ou les fuites.

II-2.1.8 Dans le cas d'un puits à fond étanche, le fond devrait être au moins à 300 mm sous le radier de la prise la plus basse, pour ménager une réserve à l'accumulation des sédiments et éviter l'enlisement du flotteur lors des basses eaux.

II-2.1.9 Dans les régions à climat froid, il faudrait protéger le puits contre la formation de glace, en faisant usage de couvercles, de planchers isolants ou de réchauffeurs, ou bien en répandant de l'huile à la surface de l'eau. Dans ce dernier cas, l'huile forme une surépaisseur par rapport au niveau normal de l'eau et une correction est nécessaire.

II-2.2 Prises d'eau

NOTE: Les prises d'eau du puits de limnigraphe ont pour fonction:

a) De permettre l'entrée ou la sortie de l'eau dans ou hors du puits de sorte que le niveau dans le puits reste à peu près le même que celui du cours d'eau, quelles que soient les conditions d'écoulement;

b) De limiter le retard et les oscillations à l'intérieur du puits.

Les prises d'eau peuvent se présenter sous la forme d'un tuyau raccordant le puits à la rivière lorsque le puits est placé sur la rive, ou sous la forme d'une série de trous ou de fentes pratiqués dans le puits lui-même lorsque celui-ci est

placé directement dans la rivière. Dans les rivières très chargées, un puits placé dans le cours d'eau peut avoir un fond en forme de trémie servant à la fois de prise et de moyen d'autonettoyage. Deux prises ou plus peuvent être installées à des niveaux différents pour que le système puisse continuer à fonctionner même si l'une des prises se trouve obstruée.

II-2.2.1 Les dimensions des prises devraient être suffisantes pour que le niveau d'eau dans le puits puisse suivre les hausses ou les baisses de niveau dans la rivière, sans retard sensible.

II-2.2.2 Les dimensions des prises devraient être assez petites pour amortir les oscillations causées par l'effet des vagues ou les remous.

NOTE: Les deux dernières conditions étant contradictoires, il est nécessaire de réaliser un compromis. En règle générale, la section totale des prises ne devrait pas être inférieure à 1 % de la section transversale du puits.

II-2.2.3 Lorsque le puits est aménagé dans la berge, le radier de la prise la plus basse devrait se situer à au moins 150 mm en dessous du niveau le plus bas escompté et à au moins 300 mm au-dessus du fond du puits. Dans les régions à climat froid, cette prise devrait se trouver en dessous de la profondeur maximale de pénétration du gel dans le sol.

II-2.2.4 Les tuyaux de prise devraient avoir une pente constante et être posés sur une fondation appropriée qui ne risque pas de s'affaisser.

II-2.2.5 La prise devrait être orientée dans le cours d'eau de telle manière que l'on puisse mesurer le niveau vrai. Lorsque les vitesses au point de mesurage sont assez grandes pour que la pression dynamique ait une valeur appréciable, la prise devrait comporter un dispositif permettant de mesurer réellement la pression statique.

II-2.2.6 Les tuyaux de prise de plus de 20 m de long devraient être équipés de chambres de décantation et d'un trou d'homme intermédiaire permettant d'y accéder pour le nettoyage.

II-2.2.7 Des moyens devraient être prévus pour le nettoyage des prises, soit avec un système de rinçage par envoi d'eau sous une pression de plusieurs mètres à l'arrivée de la prise dans le puits de mesurage, soit par pompage d'eau à partir de la prise, soit par des moyens manuels à l'aide de curettes à tige démontables.

II-2.2.8 En cas de vitesse élevée à l'extrêmité située côté rivière de la prise d'eau, il peut se produire une aspiration de l'eau dans le puits. Il faudrait atténuer le phénomène en fixant, à l'extrémité côté rivière de la prise, un tube statique perforé fermé au bout, se prolongeant horizontalement vers l'aval.

II-3 Indicateurs limnimétriques

II-3.1 Cote du zéro de l'échelle

NOTE: La cote du zéro de l'échelle peut être une altitude connue, comme le niveau moyen de la mer, ou un plan de référence arbitraire choisi parce qu'il permet des mesures de valeur relativement faible, plus faciles à utiliser, mais toujours positive.

II-3.1.1 Si l'on choisit un plan de référence arbitraire, celui-ci devrait être défini par un nivellement précis en fonction d'un repère dont la cote est connue par rapport au niveau de la mer.

II-3.1.2 Il conviendrait d'établir la correspondance entre le zéro de l'échelle et son altitude dans le nivellement national en se basant sur le repère de la station.

II-3.1.3 Le repère de nivellement de la station devrait être placé, dans toute la mesure possible, à l'abri des accidents. Il devrait être solidement fixé à un bloc de béton ou autre support enfoncé dans le sol jusqu'à un niveau à l'abri de tout dérangement, comme le gel ou les glissements de terrains.

II-4 Échelles limnimétriques verticales et inclinées

NOTE: La graduation des échelles peut être gravée ou peinte directement sur une surface existante ou aménagée dans ce but, ou sur des éléments séparés que l'on fixe à un support.

II-4.1 Conditions de fonctionnement

Les échelles devraient remplir les conditions de fonctionnement suivantes:

a) Être précises et comporter des graduations claires;

b) Être durables et faciles à entretenir;

c) Être simples à installer et à utiliser.

II-4.2 Matériau

Le matériau de construction des échelles limnimétriques devrait être résistant et avoir un faible coefficient de dilatation.

II-4.3 Graduation

II-4.3.1 Les graduations devraient être marquées de façon claire et permanente. Les chiffres devraient être faciles à lire et placés de sorte qu'il n'y ait aucun risque d'ambiguïté.

II-4.3.2 Les plaques limnimétriques devraient être d'une longueur appropriée, et ne pas avoir moins de 50 mm de large.

II-4.3.3 Les marques des subdivisions devraient avoir une précision de ± 0,5 mm et l'erreur cumulative de hauteur ne devrait pas excéder la plus grande des deux valeurs 0,1 % ou 0,5 mm.

II-4.4 Installation et emploi

II-4.4.1 *Généralités*

a) L'échelle limnimétrique devrait être placée de préférence à proximité de la rive, de manière à permettre une lecture directe du niveau d'eau.

b) L'échelle devrait être placée aussi près que possible de la section de jaugeage, sans pour autant perturber les conditions d'écoulement en ce point.

c) L'échelle devrait être d'un accès aisé et commode, de façon que l'observateur puisse effectuer ses lectures à hauteur d'yeux ou presque.

II-4.4.2 *Échelles verticales*

Le corps de l'échelle ou sa plaque support devraient être solidement fixés à une paroi ou à des pieux présentant une surface verticale et parallèle au sens de l'écoulement.

II-4.4.3 *Échelles en gradins*

Lorsque l'amplitude des variations de niveau dépasse la capacité d'une seule échelle limnimétrique verticale, d'autres échelles peuvent être aménagées dans la même section en travers.

a) Les échelles en gradins devraient être installées à des intervalles permettant de mesurer le niveau d'eau quel que soit l'écoulement.

b) Les graduations des échelles en gradins devraient avoir un chevauchement suffisant.

II-4.4.4 *Échelles inclinées*

Les échelles inclinées devraient être installées de manière à suivre fidèlement le profil de la rive du cours d'eau et elles devraient être graduées ou étalonnées sur place au moyen d'un nivellement précis par rapport au repère de référence de la station.

II-5 Pointes limnimétriques

Les pointes limnimétriques se composent d'une tige et d'un moyen permettant de déterminer leur position exacte, dans le plan vertical, par rapport à un point de référence. Il existe deux types de pointes limnimétriques:

a) Les pointes limnimétriques droites, dont la tige approche de la surface libre de l'eau à partir du haut;

b) Les pointes limnimétriques recourbées, dont la tige trempe dans l'eau et approche de la surface libre de l'eau à partir du bas.

La position verticale peut être déterminée par une échelle graduée, un ruban à vernier ou un indicateur numérique.

II-5.1 Conditions de fonctionnement

a) L'installation d'une pointe limnimétrique devrait permettre de mesurer le niveau d'eau à toutes les hauteurs comprises entre le niveau minimal et le niveau maximal prévus, et même au-delà.

b) L'endroit où la pointe touche la surface du liquide à l'état libre devrait être bien éclairé.

c) L'extrémité de la pointe devrait être en forme de cône à 60° avec un arrondi en bout de 0,25 mm de rayon environ.

II-5.2 Matériau

La pointe limnimétrique et les pièces auxiliaires devraient être entièrement fabriquées en un matériau durable et résistant à la corrosion.

II-5.3 Graduation

Une pointe limnimétrique devrait être graduée en millimètres. La graduation devrait être claire et précise.

II-5.4 Installation et emploi

a) La pointe limnimétrique devrait être montée au-dessus d'une surface d'eau libre au bord du cours d'eau, si les conditions le permettent. Si cette solution n'est pas possible dans la pratique, en raison de remous, de l'action du vent ou des difficultés d'accès, il faudrait l'installer dans une zone calme ou un puits de mesurage.

b) La pointe limnimétrique devrait être placée aussi près que possible de la section de jaugeage.

c) Si plusieurs potences ou plaques de nivellement doivent être installées à des niveaux différents, il faudrait, comme dans le cas d'échelles en gradins, les aligner dans une même section transversale. En cas d'impossibilité, elles devraient au moins toutes se situer à moins d'un mètre de distance d'un côté ou de l'autre de la section transversale.

d) Les potences des pointes et les plaques de nivellement devraient être montées sur des fondations solides s'enfonçant en dessous de la profondeur maximale de pénétration du gel dans le sol.

e) La cote des plaques de nivellement, par rapport auxquelles est déterminé le niveau de la surface d'eau libre, devrait être établie avec le plus grand soin. La tolérance sur le nivellement de chaque plaque par rapport au repère de nivellement de la station ne devrait pas dépasser ± 1,0 mm.

II-6 Limnimètres à flotteur

NOTE: Le limnimètre à flotteur est utilisé principalement dans un puits comme indicateur de niveau d'eau. Un limnimètre à flotteur type comprend un flotteur se déplaçant dans le puits de limnigraphe, un ruban d'acier gradué, un contrepoids, une poulie et un cadran indicateur à aiguille.

II-6.1 Conditions de fonctionnement

a) L'installation d'un limnimètre à flotteur devrait permettre de mesurer le niveau d'eau pour toutes les hauteurs comprises entre le niveau minimal et le niveau maximal prévus, et même au-delà.

b) Le flotteur devrait être fabriqué dans un matériau durable, qui ne craint ni la corrosion ni l'encrassement. Il devrait être étanche et fonctionner dans un plan absolument vertical.

c) Le flotteur devrait flotter correctement et le ruban ou le câble devrait être exempt de torsions ou de pliures.

d) Il faudrait prévoir un moyen de vérifier aisément les indications du limnimètre à flotteur par rapport à la hauteur effective du cours d'eau.

II-6.2 Graduation

Un limnimètre à flotteur devrait être gradué en millimètres. La graduation devrait être claire et précise.

II-7 Limnimètres à palpeur

NOTE: Un limnimètre à palpeur comporte un tambour avec un enroulement simple de câble, un poids en bronze attaché à une extrémité du câble, un disque gradué et un

compteur, le tout enfermé dans un boîtier de protection. Le limnimètre à palpeur sert d'indicateur de niveau là où d'autres limnimètres sont difficiles d'emploi. Il est normalement utilisé à partir d'un pont ou de toute autre structure située au-dessus du plan d'eau.

II-7.1 Conditions de fonctionnement

Un limnimètre à palpeur devrait permettre de mesurer la hauteur à tous les niveaux.

II-7.2 Matériau

Un limnimètre à palpeur devrait être entièrement fabriqué dans un matériau durable et résistant à la corrosion.

II-7.3 Graduation

Un limnimètre à palpeur devrait être gradué en millimètres.

II-7.4 Installation et emploi

a) Un limnimètre à palpeur ne devrait pas être installé à un endroit où la surface de l'eau est exposée à des turbulences, à l'action du vent ou à des remous.

b) La hauteur d'un tel limnimètre devrait être contrôlée fréquemment pour s'assurer que les observations du niveau sont fiables.

II-8 Limnimètres à pression

NOTE: Les limnimètres à pression sont fréquemment utilisés dans les endroits où il serait trop onéreux d'installer des puits de limnigraphe. Une méthode très répandue de mesure du niveau consiste à mesurer la hauteur de l'eau par rapport à un plan de référence déterminé. On peut le faire indirectement, en mesurant la pression en un point fixe au-dessous de la surface de l'eau, pression qui est proportionnelle à la hauteur de l'eau au-dessus de ce point. La meilleure méthode pour transmettre cette pression à l'appareil de mesure est de disposer un tuyau plein de gaz dont le remplissage est garanti par une injection continue à très faible débit, provoquant une légère fuite de gaz au niveau de la prise en rivière.

II-8.1 Technique de la fuite de gaz (alimentation par l'intermédiaire d'un barboteur)

a) Il faudrait assurer une alimentation convenable en gaz ou en air comprimé. La source d'alimentation devrait avoir une pression de refoulement supérieure à celle de la gamme des pressions à mesurer.

b) Il faudrait prévoir un détendeur permettant d'établir une pression excédant en toute sécurité la pression maximale au niveau de la prise. Un robinet de réglage du débit de gaz, doublé d'un indicateur visuel de débit, devrait permettre de régler convenablement ce débit. La pression devrait être réglée de façon à empêcher l'eau de pénétrer dans le tube, quelle que soit la rapidité des variations du niveau de la rivière.

c) Il faudrait réduire au maximum les erreurs de mesure entraînées par les pertes de charge dues au frottement du gaz dans le tuyau.

d) Le tuyau devrait être installé selon une pente descendante continue jusqu'à l'orifice de prise.

II-8.2 Compensation de la densité de l'eau

La densité de l'eau dont le capteur doit mesurer le niveau variant avec la température et aussi avec la teneur en matières dissoutes et en suspension, il faudrait prévoir des moyens automatiques ou mécaniques de compenser ces variations.

II-8.3 Variations de la masse du gaz

Si l'on utilise la technique faisant appel au gaz pour transmettre la pression, il conviendrait de prévoir des moyens de compenser les variations de la densité du gaz en fonction de la température et de la pression.

II-8.4 Plage de mesure

La plage de l'instrument devrait être suffisante pour couvrir le marnage escompté.

II-8.5 Sensibilité

L'instrument devrait avoir des réactions suffisamment rapides pour répondre à toutes les variations prévues du niveau de l'eau.

II-9 Appareils enregistreurs (limnigraphes)

II-9.1 Enregistreurs mécaniques

II-9.1.1 *Couple d'entraînement*

NOTE: Dans les appareils enregistreurs, le mouvement angulaire de l'arbre d'entrée est transformé en mouvement du stylet d'un enregistreur analogique par l'intermédiaire d'une transmission mécanique, ou en indication numérique par l'intermédiaire d'un codeur. Si le frottement est important, c'est-à-dire s'il faut un couple important pour mettre en position l'élément enregistreur, il en résulte un retard sensible dans l'indication des variations du niveau d'eau.

a) Le couple d'entraînement devrait être suffisant pour surmonter les frottements provoqués par les transmissions mécaniques.

b) Les frottements devraient être aussi faibles que possible et ne pas dépasser 7 mN.m.

II-9.1.2 *Hystérésis*

L'hytérésis devrait être minimale et en aucun cas supérieure à 3 mm.

NOTE: Si l'arbre d'entrée tournant dans un sens pour entraîner le stylet se met à tourner dans le sens inverse, l'hystérésis totale correspond à la quantité de mouvement requise pour entraîner le stylet dans le sens inverse.

II-9.1.3 *Mécanisme de synchronisation*

a) Le mécanisme d'horlogerie qui déroule le papier graphique devrait être de très bonne qualité, robuste et sûr, et devrait être protégé contre la poussière, la corrosion et les insectes par un carter adéquat.

b) L'erreur limite sur la mesure du temps ou du mécanisme d'horlogerie ne devrait pas dépasser ± 30 secondes par jour sur une période d'au moins 30 jours.

c) Un système de réglage du mouvement devrait être prévu pour pouvoir remplir les conditions de précision indiquées à l'alinéa *b*).

II-9.1.4 ***Papier (feuille ou ruban)***

On devrait utiliser un papier indéformable dans des limites assez strictes, dans n'importe quelle condition prévue de température et d'humidité.

II-9.1.5 ***Stylet***

Si l'on utilise une plume, elle devrait, ainsi que l'encre, être de qualité telle que le trait soit bien lisible et que l'encre ne bave pas sur le papier. Si l'on utilise un crayon, sa mine devrait avoir la dureté qui convient pour laisser un trait lisible.

II-9.1.6 ***Erreurs***

Les sources d'erreurs lors de l'emploi d'appareils enregistreurs sont:

a) Frottement dans le mécanisme d'entraînement;

b) Hystérésis dans le mécanisme d'entraînement;

c) Déplacement du câble dû au changement de hauteur de flottaison du flotteur lors d'une variation rapide du niveau et au changement de traction sur le câble du flotteur que cela entraîne;

d) Étirement ou dilatation du papier;

e) Ambiguïté, si le niveau marque entre deux chiffres (enregistreurs numériques).

Dans le cas des enregistreurs numériques, si le niveau marque entre deux chiffres, il faudrait forcer l'enregistreur à passer au chiffre le plus proche avant la perforation de la bande, afin d'éviter toute ambiguïté.

II-9.1.7 ***Conditions climatiques***

L'enregistreur devrait fonctionner de manière satisfaisante dans toutes les conditions prédominantes de température ambiante et d'humidité relative.

II-9.1.8 ***Matériau***

Toutes les pièces de l'enregistreur devraient être fabriquées dans des matériaux résistant à la corrosion dans les conditions d'emploi sur le terrain.

II-9.1.9 ***Boîtier***

L'enregistreur devrait être logé dans un boîtier étanche à l'humidité et à la poussière, et résistant aux intempéries. Le boîtier devrait avoir une fenêtre permettant le contrôle visuel de l'enregistrement sans qu'il soit nécessaire de l'ouvrir.

II-9.1.10 ***Alignement de l'arbre d'entrée***

Il faudrait prévoir des moyens d'alignement horizontal de l'arbre d'entrée.

II-9.1.11 ***Notice d'emploi***

Une notice générale d'emploi devrait être fournie. Elle devrait contenir les descriptions et figures nécessaires pour assurer le bon fonctionnement et l'entretien de l'enregistreur.

II-9.2 Enregistreurs manométriques

II-9.2.1 ***Plage de pressions***

a) La plage de pressions de l'enregistreur devrait être choisie de manière à couvrir l'éventail prévu de pressions de l'eau. Il faudrait tenir compte d'éventuelles conditions extrêmes pour éviter d'endommager l'élément manosensible.

b) En vue de réduire le plus possible l'hystérésis, les éléments mécaniques et manosensibles devraient être de très bonne qualité, tant pour les matériaux que pour la finition.

c) Il faudrait incorporer à l'enregistreur un système de correction d'altitude.

II-9.2.2 ***Mécanisme de synchronisation***

Voir II-9.1.3 ci-dessus.

II-9.2.3 ***Papier (graphique ou ruban)***

Voir II-9.1.4 ci-dessus.

II-9.2.4 ***Stylet***

Voir II-9.1.5 ci-dessus.

II-9.2.5 ***Conditions climatiques***

L'enregistreur devrait fonctionner de manière satisfaisante dans toutes les conditions prédominantes de température ambiante, d'humidité relative et de pression atmosphérique.

II-9.2.6 ***Matériau***

Voir II-9.1.8 ci-dessus.

II-9.2.7 ***Boîtier***

Voir II-9.1.9 ci-dessus.

II-9.2.8 ***Notice d'emploi***

Voir II-9.1.11 ci-dessus.

II-9.3 ***Enregistreurs électroniques***

II-9.3.1 ***Précision***

L'erreur limite sur les relevés de l'enregistreur électronique ne devrait pas dépasser 0,5 % de la lecture sur toute la plage de mesure.

II-9.3.2 ***Lisibilité***

Le mouvement global du mécanisme de commande (stylet) devrait permettre une résolution correspondant à la graduation la plus petite. La largeur du papier graphique devrait correspondre au moins à l'amplitude de mouvement du stylet.

II-9.3.3 ***Stabilité***

La stabilité d'un enregistreur de niveau devrait être de ± 2 divisions d'échelle sur une période de 30 jours.

NOTE: La stabilité d'un enregistreur est l'aptitude de celui-ci à enregistrer toujours la même valeur, avec une certaine tolérance, pour un même signal d'entrée.

II-9.3.4 ***Mécanisme de synchronisation***

Voir II-9.1.3 ci-dessus.

II-9.3.5 ***Papier***

Il ne faudrait utiliser qu'un papier de la meilleure qualité, avec un quadrillage à l'échelle imprimé avec précision.

II-9.3.6 ***Stylet***

Voir II-9.1.5 ci-dessus.

II-9.3.7 ***Conditions climatiques***

Voir II-9.1.7 ci-dessus.

II-9.3.8 ***Matériau***

L'enregistreur devrait être construit et protégé de manière à fonctionner de façon satisfaisante pendant de longues périodes dans les conditions d'emploi sur le terrain.

II-9.3.9 ***Boîtier***

Voir II-9.1.9 ci-dessus.

II-9.3.10 ***Notice d'emploi***

Voir II-9.1.11 ci-dessus.

III – MATÉRIEL DE SONDAGE ET DE SUSPENSION POUR LE MESURAGE DIRECT DE LA PROFONDEUR

(*Voir* [D.1.2.] 3.1.3)

III-1 Objet et domaine d'application

NOTES:

a) La présente section est fondée sur la norme ISO 3454 (1983) intitulée «Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Matériel de sondage et de suspension pour le mesurage direct de la profondeur».

b) On trouvera des recommandations détaillées concernant le matériel de sondage et de suspension dans le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168) et dans le *Manual on Stream Gauging* (WMO-No. 519).

La présente section spécifie les conditions de fonctionnement du matériel utilisé dans le mesurage du débit des liquides dans les canaux découverts, pour:

a) Le mesurage de la profondeur de l'eau;

b) La suspension des instruments de mesure (moulinet ou appareil de prélèvement de sédiments) en vue de mettre en application les dispositions du *Règlement technique* énoncées sous [D.1.2] 3.1 et de satisfaire aux critères de précision pour la mesure du débit indiqués sous [D.1.2] 3.6.

III-2 Matériel de sondage

NOTE: Le sondage a pour objet de mesurer la distance verticale entre la surface et le fond du chenal. Pour ce faire on utilise une perche ou un câble de sondage en fonction de la vitesse et de la profondeur de l'écoulement.

III-2.1 Perche de sondage

NOTE: Perche de construction rigide qui peut être tenue et actionnée à la main ou fixée à un support et actionnée mécaniquement.

III-2.1.1 La perche de sondage tenue à la main peut être utilisée jusqu'à une profondeur de 3 m au maximum et pour des vitesses ne dépassant pas 2 m/s.

NOTE: Une perche à support et à fonctionnement mécanique convient généralement pour des profondeurs allant jusqu'à 6 m et des vitesses allant jusqu'à 2 m/s.

III-2.1.2 Pour de faibles profondeurs et des vitesses peu élevées (jusqu'à 1 m et 1 m/s respectivement), il faudrait utiliser une perche de jaugeage à gué.

III-2.1.3 Au cours des mesurages, la perche devrait être maintenue en position verticale.

III-2.2 Câble de sondage

III-2.2.1 Il faudrait utiliser le câble de sondage dans les cas où il est impossible de se servir d'une perche du fait de la profondeur et des vitesses de l'eau.

III-2.2.2 Le câble de sondage devrait être lesté d'un poids approprié pour le maintenir vertical.

III-2.3 Saumons

Les saumons devraient être profilés de manière à offrir le minimum de résistance à l'écoulement de l'eau.

NOTE: Il est possible d'obtenir une estimation de la masse que doit avoir le saumon selon la profondeur et la vitesse de l'eau en utilisant la formule suivante:

$$m = 5\bar{v}d$$

où:

m est la masse du saumon, en kg;
$\bar{v}$ est la vitesse moyenne de l'écoulement, en m/s;
d est la profondeur, en m.

III-3 Matériel de suspension

III-3.1 Matériel de suspension

Le matériel de suspension devrait remplir les conditions suivantes:

a) Permettre de suspendre le dispositif de mesurage ou de prélèvement à une profondeur et dans une position prédéterminées de manière qu'il ne cause pas de perturbations notables, quelles que soient la profondeur et la vitesse;

b) Maintenir le dispositif de mesurage ou de prélèvement à la profondeur et dans la position prédéterminées, dans des conditions satisfaisantes de stabilité durant la période d'observation.

III-3.2 Matériel de suspension par perche

NOTE: Le matériel de suspension par perche a le mérite de permettre de placer le dispositif de mesurage ou d'échantillonnage au point de mesurage sans trop s'écarter de la verticale.

III-3.2.1 *Matériel de suspension par perche à fonctionnement manuel*

Les perches de jaugeage devraient être utilisées dans les cours d'eau peu profonds se prêtant à une traversée à gué,

mais peuvent être utilisées jusqu'à des profondeurs de 3 m et des vitesses de 2 m/s.

III-3.2.2 *Matériel de suspension par perche à fonctionnement mécanique*

NOTE: Ce matériel permet de placer avec précision le dispositif de mesurage ou d'échantillonnage à la profondeur et dans la position requises, mais il est plus lourd et exige une installation soigneuse et une certaine habileté de manœuvre.

Le matériel de suspension actionné mécaniquement peut être utilisé là où l'emploi d'une perche tenue à la main devient impossible; il ne devrait cependant pas, en règle générale, être employé à des profondeurs supérieures à 6 m et à des vitesses supérieures à 2 m/s.

III-3.3 Matériel de suspension par câble

III-3.3.1 Un matériel de suspension par câble devrait être utilisé dans les cas où, en raison des profondeurs et des vitesses de l'eau, il est impossible d'employer un matériel de suspension par perche.

NOTE: Deux types de matériel de suspension par câble sont couramment utilisés:

a) Des suspensions par câble actionnées à la main, utilisables avec des saumons pouvant atteindre 15 kg;

b) Des suspensions par treuil fixées sur un pont, une nacelle, un bateau ou la couverture de glace devraient être utilisées si le saumon pèse plus de 15 kg.

III-3.3.2 Lorsque l'écoulement fait dévier le câble vers l'aval avec un écart supérieur à 4° par rapport à la verticale, la profondeur indiquée est entachée d'une erreur inacceptable et il convient d'appliquer deux corrections distinctes à la profondeur mesurée:

a) Une correction de câble exondé pour la partie du câble comprise entre le point de suspension et la surface de l'eau;

b) Une correction de câble immergé pour la partie du câble se trouvant dans l'eau.

NOTE: Des tables de correction sont publiées dans le *Manual on Stream Gauging* (WMO-No. 519), Volume I — Fieldwork, pages 141 et 143.

III-4 Conditions particulières

III-4.1 Perches de sondage et de suspension

III-4.1.1 *Perches de sondage et de suspension à fonctionnement manuel*

Ce matériel devrait remplir les conditions suivantes:

a) Sa masse devrait être aussi faible que possible;

b) La perche devrait être rectiligne et avoir une résistance suffisante à la force de l'écoulement pour ne pas subir de flexion prononcée ou de vibration. Elle pourrait être constituée de plusieurs éléments pour pouvoir la démonter;

c) Elle devrait être fabriquée en un matériau résistant à la corrosion;

d) Elle ne devrait pas constituer un obstacle susceptible de faire élever de façon notable le niveau de l'eau;

e) L'intervalle entre les graduations devrait permettre de relever les positions ou les profondeurs à 10 mm près; les graduations correspondant à des intervalles de 0,1 m, 0,5 m et 1 m devraient être marquées de façon distincte;

f) La perche devrait comporter une semelle métallique qui l'empêche de s'enfoncer dans le lit du chenal;

g) Elle devrait comporter un dispositif de fixation amovible permettant le montage du moulinet et un système de transmission du signal électrique.

III-4.1.2 *Perche de sondage et de suspension à fonctionnement mécanique*

Les perches à fonctionnement mécanique (voir III-3.2 ci-dessus) devraient non seulement répondre aux conditions indiquées sous III-4.1.1, alinéas *a*) à *g*), mais aussi comprendre:

a) Un dispositif de blocage tel qu'un système à rochet, pour maintenir la perche de sondage ou de suspension dans la position voulue;

b) Un dispositif mécanique pour abaisser ou relever facilement la perche de sondage ou de suspension;

c) Un dispositif pour fixer solidement la perche à la plateforme de jaugeage ou à tout autre ouvrage;

d) Un contrepoids suffisant pour assurer la stabilité.

III-4.2 Matériel de sondage et de suspension par câble

III-4.2.1 *Câble de sondage et de suspension*

Le câble utilisé avec le matériel de sondage et de suspension devrait:

a) Être résistant à la corrosion et préformé, avec commettage inversé pour éviter le vrillage;

b) Être muni d'un système d'attache adapté au matériel de mesurage et au saumon;

c) Comprendre des conducteurs isolés permettant de transmettre des signaux à partir de l'instrument;

d) Être construit de telle manière qu'en service normal il ne subisse ni coques, ni torsions permanentes, ce qui affecterait son aptitude à l'emploi et sa longueur;

e) Avoir une résistance suffisante pour supporter sans risques le moulinet et le saumon. Son étirement sous cette charge ne devrait pas dépasser 0,5 %.

NOTE: Une résistance à la rupture d'au moins cinq fois le poids du saumon donne une marge de sécurité suffisante pour tenir compte de la charge supplémentaire due à la traînée et aux efforts dynamiques. Lorsque le câble est manœuvré à la main, la partie qui doit être tenue à la main devrait être fabriquée en un matériau adéquat et avoir des dimensions appropriées (par exemple, 10 mm de diamètre, revêtu de P.V.C. ou de caoutchouc) de manière à ne pas gêner ni blesser l'opérateur. La partie mouillée du câble devrait avoir un diamètre aussi petit que possible, conformément aux conditions indiquées aux alinéas *a*) à *e*), pour réduire au maximum la traînée.

III-4.2.2 *Treuils*

Les treuils utilisés pour manœuvrer le câble de suspension et mesurer la longueur dévidée devraient remplir les conditions suivantes:

a) Le rayon des tambours, des poulies et des guide-câble ne devrait pas être inférieur au rayon minimal de flexion du câble spécifié par le fabricant;

b) Un dispositif devrait permettre de mesurer la longueur de câble déroulé. Ce dispositif peut être actionné par le tambour, si le câble ne fait qu'un enroulement simple; sinon, il peut être actionné directement par le câble;

c) Un dispositif devrait permettre d'obtenir un enroulement uniforme du câble sur le tambour; l'extrémité du câble devrait être solidement fixée au tambour;

d) Un dispositif de blocage devrait permettre de verrouiller le tambour à tout moment;

e) Un raccordement électrique devrait être prévu entre le matériel d'enregistrement et l'instrument suspendu;

f) Le treuil devrait être conçu de telle façon qu'il puisse être facilement actionné à la main; le tambour peut être actionné par un moteur pour relever ou abaisser le matériel de mesurage fixé au saumon; le dispositif de fixation du treuil à son support devrait être simple et sûr. Ce support peut être une nacelle, une passerelle, une couverture de glace, une grue, un mât de charge, etc.

III-4.2.3 *Supports et systèmes de montage pour treuils*

Les supports de treuils et les systèmes de montage destinés à les fixer sur un pont, un bateau, une couverture de glace, etc.:

a) Devraient avoir une résistance suffisante pour supporter le treuil, ainsi que le matériel de mesurage et/ou de prélèvement, y compris le saumon;

b) Devraient permettre de relever ou d'abaisser le matériel de mesurage et/ou de prélèvement dans un plan vertical suffisamment éloigné du point de manœuvre;

c) Devraient être munis d'un rapporteur permettant de mesurer l'angle du câble avec la verticale;

d) Devraient être munis de contrepoids destinés à les maintenir stables en toutes circonstances;

e) Peuvent avoir un dispositif pour fixer le moteur;

f) Devraient être facilement transportables. Pour cela, ils peuvent être démontables.

III-4.2.4 *Saumons*

Les saumons devraient être construits en un matériau dense pour étudier au maximum le volume, être profilés pour réduire au maximum l'effet de traînée et être munis d'ailettes assurant la stabilité directionnelle. Le saumon devrait être placé par rapport à l'instrument de mesurage de manière à réduire au maximum son influence sur les caractéristiques de fonctionnement de l'instrument. Le point d'ancrage pour attacher le saumon au câble de suspension devrait être aussi petit que possible ou incorporé dans le corps du saumon. Il n'est pas conseillé d'attacher plus d'un saumon au même câble.

NOTE: En outre, le saumon peut:

a) Être muni d'un dispositif repérant et signalant le contact avec le fond;

b) Recevoir un matériel hydrométrique autre que le moulinet;

c) Faire partie d'un ensemble comportant un support en surplomb pour attacher du matériel hydrométrique.

IV – MOULINETS À COUPELLES ET À HÉLICES

(*Voir* [D.1.2.] 3.1.4)

IV-1 Objet et domaine d'application

NOTES:

a) La présente section est fondée sur la norme ISO 2537 (1988) intitulée «Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Moulinets à élément rotatif».

b) On trouvera des recommandations détaillées concernant les moulinets dans le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168) et dans le *Manual on Stream Gauging* (WMO-No. 519).

La présente section précise les conditions de fonctionnement, de construction, d'étalonnage et d'entretien des appareils de mesurage de la vitesse munis d'un élément rotatif en vue de mettre en application les dispositions du *Règlement technique* énoncées sous [D.1.2.] 3.1.4.

IV-2 Principe de fonctionement

NOTE: Les moulinets de construction conventionnelle sont destinés à fonctionner dans une position horizontale ou à peu près horizontale. Les moulinets conçus pour fonctionner dans d'autres positions ne rentrent pas dans le domaine de la présente section.

IV-2.1 Le matériel devrait conserver un alignement avec l'écoulement de façon que l'élément rotatif réagisse au mouvement de l'écoulement comme prévu. Si le moulinet comprend une suspension articulée, celle-ci devrait permettre une liberté de mouvement dans le plan vertical pour assurer un alignement correct avec l'écoulement du liquide.

IV-2.2 Le moulinet devrait offrir une résistance aussi faible que possible à la force de l'écoulement.

IV-2.3 L'élément rotatif du moulinet devrait être tel que, lorsqu'il est mené par le fluide, il tourne à une vitesse angulaire qui est liée par une relation connue à la vitesse de l'écoulement, à l'intérieur de la gamme de vitesses étalonnées fixée par le fabricant ou par le laboratoire d'étalonnage.

IV-2.4 La réponse du moulinet devrait être rapide et tenir compte des variations de la vitesse; le fabricant devrait indiquer les temps de réponse prévus.

IV-2.5 Sauf indication contraire, le moulinet devrait pouvoir être utilisé dans les eaux contenant des sédiments en suspension et dans les eaux salines.

IV-3 Caractéristiques de construction

IV-3.1 Les hélices devraient être en matériau indéformable.

IV-3.2 Le couple résistant des paliers devrait être aussi faible que possible et constant durant l'utilisation. Les paliers devraient être lubrifiés selon les indications du fabricant. Des dispositions devraient être prises pour empêcher le limon et l'eau de pénétrer dans les paliers sauf dans le cas des paliers lubrifiés à l'eau.

IV-3.3 Les révolutions du rotor devraient, par des contacts mécaniques ou par des dispositifs magnétiques, optiques ou autres, produire un signal net et positif pour toutes les vitesses situées dans la gamme de fonctionnement du moulinet. Si des connexions électriques sont utilisées, elles devraient être convenablement hydrofugées.

IV-3.4 Les fabricants devraient stipuler la conductivité maximale de l'eau dans laquelle le moulinet peut être utilisé.

IV-3.5 Pour mesurer les faibles vitesses, il devrait être possible de choisir la fréquence des signaux émis au mécanisme de comptage de façon à réduire au maximum les erreurs dues à une durée normale de mesure.

IV-3.6 Pour mesurer les vitesses élevées, si la fréquence des signaux est telle qu'il soit impossible de les compter ou de les indiquer correctement, il faudrait installer un dispositif pour réduire le nombre de signaux par tour du rotor.

IV-3.7 Les pièces détachées devraient être totalement interchangeables, de manière à avoir des caractéristiques de fonctionnement uniformes et à causer moins de 2 % de modifications par rapport à l'étalonnage.

IV-3.8 Les moulinets devraient être fabriqués en matériau non corrosif ou en matériau efficacement protégé contre les conditions que l'on rencontre habituellement dans les eaux naturelles. Le moulinet devrait être de construction suffisamment solide pour conserver son étalonnage dans les conditions normales d'emploi.

IV-4 Étalonnage

IV-4.1 Tous les étalonnages devraient être effectués en conformité avec la section I de la présente annexe.

IV-4.2 Pour l'étalonnage individuel ou groupé des moulinets, un certificat d'étalonnage conforme aux spécifications énoncées sous I-5.4, à la section I de la présente annexe, devrait être fourni avec chaque moulinet.

IV-4.3 Les étalonnages groupés devraient être basés sur l'étalonnage d'un groupe de moulinets de fabrication uniforme. L'échantillon de moulinet étalonné devrait être de taille suffisante et comprendre, si possible, des moulinets neufs et des moulinets anciens en bon état.

IV-4.4 Dans le cas d'étalonnages groupés, l'étalonnage des moulinets devrait être contrôlé périodiquement pour s'assurer qu'ils fonctionnent toujours dans les limites de tolérance prévues.

IV-4.5 Dans le cas d'étalonnages individuels, un réétalonnage devrait être effectué régulièrement tous les ans ou toutes les 300 heures d'emploi, au premier terme échu.

IV-4.6 En dehors des règles énoncées ci-dessus, un moulinet devrait être réétalonné dès que son fonctionnement fait naître des doutes.

IV-4.7 Pour la fiabilité de l'étalonnage, le laboratoire d'étalonnage devrait spécifier des limites de tolérance au niveau de confiance de 95 % à des vitesses de 0,15, 0,25 et 0,50 m/s et au-dessus.

IV-4.8 Comme contrôle du bon tracé de la courbe d'étalonnage, le fabricant ou les laboratoires d'étalonnage devraient spécifier l'erreur type sur les données aux limites inférieures et supérieures de l'étalonnage et en au moins deux autres points intermédiaires. L'erreur type devrait être donnée en pourcentage de la vitesse moyenne et devrait être liée aux limites de confiance de 95 %.

IV-5 Entretien

NOTE: Dans les conditions de fonctionnement normal, l'utilisateur devrait se conformer aux procédures de contrôle recommandées avant et après chaque mesurage de débit, telles que spécifiées dans le manuel de service du fabricant.

IV-5.1 Le moulinet devrait être examiné avant et après chaque mesurage de débit pour déceler les paliers usés ou endommagés, un mauvais alignement de l'arbre, un fonctionnement incorrect des points de contact et une déformation de la carcasse, de la roue à coupelles dans le cas d'un moulinet à coupelles ou de l'hélice dans le cas d'un moulinet à hélice.

IV-5.2 Pour l'inspection, on devrait pouvoir démonter et remonter le moulinet sur place, sans disposer d'un atelier spécialisé et sans personnel spécialement formé. L'outillage nécessaire à ces opérations devrait faire partie des accessoires normalement fournis.

IV-5.3 Avant usage, il faudrait vérifier le bon fonctionnement du moulinet. Pour cela, il faudrait faire tourner lentement le rotor et comparer le nombre de rotations avec le nombre d'impulsions reçues. Pour les moulinets à générateur, il faudrait vérifier que le rendement varie avec la vitesse du rotor.

IV-5.4 L'état du moulinet devrait être contrôlé avant et après chaque mesurage de débit, en le soumettant à un essai de rotation.

NOTE: L'essai de rotation s'effectue comme suit: Placer le moulinet dans sa position normale de fonctionnement, avec le rotor protégé des courants d'air. Faire tourner le rotor à la main. Quand il est sur le point de s'arrêter, observer attentivement son mouvement afin de voir si l'arrêt est brusque ou graduel. Si l'arrêt est brusque, la cause doit en être trouvée et corrigée avant l'emploi du moulinet.

IV-5.5 Le fabricant devrait spécifier la durée de rotation que l'on peut attendre de chaque type particulier de moulinet.

IV-5.6 La durée de rotation devrait être chronométrée, notée et comparée à la durée minimale de rotation indiquée pour le moulinet.

IV-5.7 Après chaque mesurage de débit, ou plus fréquemment pour des mesurages espacés, toutes les surfaces des paliers devraient être soigneusement nettoyées et, le cas échéant, lubrifiées. Le lubrifiant devrait remplir les caractéristiques recommandées par le fabricant.

IV-5.8 Une boîte de protection convenable devrait être fournie pour le transport et le rangement du moulinet, des pièces de rechange et des outils nécessaires à l'entretien.

IV-5.9 Un manuel de service détaillé devrait être fourni avec chaque instrument. Il devrait donner des instructions complètes et illustrées le cas échéant.

V – DÉVERSOIRS PRÉÉTALONNÉS POUR LA DÉTERMINATION DU DÉBIT

(*Voir* [D.1.2.] 3.1.5)

V-1 Objet et domaine d'application

NOTES:

a) La présente section est fondée sur la norme ISO 1438-1 (1998) intitulée «Mesure de débit de l'eau dans les canaux découverts au moyen de déversoirs et de canaux Venturi — Partie 1: Déversoirs en mince paroi», la norme ISO 3846 (1989) intitulée «Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts au moyen de déversoirs et de canaux jaugeurs — Déversoirs rectangulaires à seuil épais», la norme ISO 4360 (1984) intitulée «Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts au moyen de déversoirs et de canaux jaugeurs — Déversoirs à profil triangulaire», la norme ISO 4374 (1990) intitulée «Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Déversoirs horizontaux à seuil épais arrondi» et la norme ISO 4377 (2002) intitulée «Déterminations hydrométriques — Mesure de débit dans les canaux découverts au moyen de structures — Déversoirs en V ouvert».

b) On trouvera des détails concernant les équations pertinentes du débit dans les normes susmentionnées et de plus amples directives pour la détermination du débit dans le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168) et le *Manual on Stream Gauging* (WMO-No. 519).

La présente section spécifie les conditions nécessaires au mesurage du débit à l'aide de:

a) Déversoirs en mince paroi;

b) Déversoirs rectangulaires à seuil épais;

c) Déversoirs à profil triangulaire;

d) Déversoirs horizontaux à seuil épais arrondi;

e) Déversoirs en V ouvert;

en vue de mettre en application les dispositions du *Règlement technique* mentionnées sous [D.1.2.] 3.1.5.

V-2 Choix de l'emplacement

V-2.1 Le déversoir devrait être situé dans un tronçon de chenal rectiligne et il conviendrait d'éviter les obstructions locales, modifications de la rugosité ou inégalités du lit.

V-2.2 Il faudrait procéder à une étude préliminaire de l'emplacement proposé, comme spécifié à la section VI, sous VI-4.15.

V-2.3 L'emplacement choisi devrait, dans la mesure du possible, répondre aux conditions spécifiées à la section VI, sous VI-3.2 en général, et VI-4.16 en particulier.

V-3 Conditions d'installation

L'installation complète de mesurage devrait comprendre un chenal d'approche, un déversoir et un chenal aval.

V-3.1 Chenal d'approche

V-3.1.1 L'écoulement dans le chenal d'approche devrait être régulier et non perturbé; la distribution des vitesses devrait être aussi uniforme que possible sur toute la section transversale. Le lit de la section d'approche devrait être dégagé de rochers et de blocs de pierre roulés. Aucun ressaut ne devrait se produire en amont de l'installation à une distance inférieure à 30 fois la hauteur de lame maximale.

V-3.1.2 La section transversale devrait être uniforme et le chenal d'approche devrait être rectiligne sur une longueur égale à au moins cinq fois la largeur du plan d'eau en conditions d'écoulement maximum.

V-3.1.3 Si l'entrée du chenal d'approche se trouve dans un coude ou si le chenal est alimenté par une conduite, par un tronçon de section transversale plus petite ou un tronçon en angle, la partie rectiligne du chenal d'approche devrait être suffisamment longue pour que la répartition des vitesses soit régulière.

V-3.1.4 Si l'on utilise des chicanes dans un chenal artificiel libre de débris et de matières en suspension, aucune chicane ne devrait être placée à une distance du point de mesurage inférieure à 10 fois la hauteur de lame maximale à mesurer.

V-3.2 Dispositif de mesurage

V-3.2.1 La structure du réservoir devrait être rigide, étanche, capable de résister aux écoulements de crue et perpendiculaire à la direction de l'écoulement.

V-3.2.2 Dans le cas d'un déversoir en mince paroi, le mur sur lequel il est construit devrait être libre de toute projection et sa paroi en amont ne devrait pas dépasser la face du déversoir. Côté aval, la structure ne devrait pas entraver l'aération de la nappe.

V-3.2.3 Le terrain sur lequel la structure doit être installée devrait être imperméable ou rendu étanche par jointement au mortier liquide, empilage ou par une autre méthode.

V-3.3 Conditions en aval de la structure

Dans le cas du déversoir conçu pour l'écoulement libre, toute accumulation de débris dans le chenal en aval de la

structure qui risque d'élever le niveau de l'eau suffisamment pour noyer la structure devrait être éliminée.

V-4 Mesurage de la charge

La charge en amont de la crête du déversoir devrait être mesurée à l'aide d'un appareil de mesure de niveau approprié, comme indiqué dans la section II de la présente annexe.

V-5 Entretien

V-5.1 Le chenal d'approche devrait être maintenu propre et libre de limon et de végétation au moins sur la distance indiquée ci-dessus, sous V-3.1.2.

V-5.2 Le puits à flotteur et l'entrée du chenal d'approche devraient être tenus propres et libres de dépôts.

V-5.3 La structure du déversoir devrait être tenue exempte de débris adhérents.

VI – INSTALLATION ET EXPLOITATION D'UNE STATION HYDROMÉTRIQUE

(*Voir* [D.1.2.] 3.3.1)

VI-1 Objet et domaine d'application

NOTES:

a) La présente section est fondée sur la norme ISO 1100-1 (1996) intitulée «Mesurage de débit des liquides dans les canaux découverts — Partie 1: Établissement et exploitation d'une station hydrométrique», et la norme ISO 748 (1997) intitulée «Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Méthodes d'exploration du champ des vitesses».

b) On trouvera des recommandations détaillées concernant l'installation et l'exploitation d'une station hydrométrique dans le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168) et dans le *Manual on Stream Gauging* (WMO-No. 519).

La présente section spécifie les conditions à remplir lors de l'installation et de l'exploitation d'une station hydrométrique pour mesurer le niveau ou le débit, ou les deux, en vue de mettre en application les dispositions du *Règlement technique* énoncées sous [D.1.2.] 3.3 et de satisfaire aux critères de précision des mesures indiqués sous [D.1.2.] 3.5 et [D.1.2.] 3.6.

VI-2 Stations limnimétriques

VI-2.1 Examen préalable du site

Il conviendrait de procéder à un examen préalable des caractéristiques physiques et hydrauliques du site proposé pour s'assurer qu'il satisfait aux conditions nécessaires à la mesure du niveau d'eau telles qu'elles sont spécifiées dans la section II — Appareils de mesure du niveau, de la présente annexe.

VI-2.2 Choix du site

VI-2.2.1 Pour l'observation du niveau de l'eau, le site devrait être choisi en fonction des fins auxquelles les relevés sont effectués, de l'accessibilité au site et de la disponibilité d'un observateur si le limnimètre ne comporte pas de dispositif enregistreur.

VI-2.2.2 Dans le cas de plans d'eau très étendus, il faudrait placer les limnimètres de manière à réduire l'effet des vents violents, qui risque d'être à l'origine de données erronées.

VI-2.2.3 Les conditions hydrauliques devraient retenir tout particulièrement l'attention lors du choix d'un site sur un cours d'eau, notamment quand les relevés de hauteurs servent au calcul des débits.

VI-2.3 Conception et réalisation

Une station limnimétrique devrait comprendre essentiellement une ou plusieurs échelles de référence. Dans les cas où il est nécessaire de procéder à un relevé continu du niveau, il faudrait de plus installer un limnigraphe.

NOTE: On trouvera dans la section II de la présente annexe des précisions sur les divers types de dispositifs de mesure du niveau, leur installation et leur emploi.

VI-3 Station de jaugeage; mesures non continues

NOTE: Les méthodes exposées ci-après sont celles qui conviennent le mieux pour une seule mesure, un nombre limité de mesures ou les mesures de débit peu fréquentes, dans les cas où un enregistrement continu du débit n'est pas souhaité.

VI-3.1 Méthode d'exploration du champs des vitesses et principe

Il s'agit de mesurer la vitesse moyenne et l'aire de la section mouillée dans un chenal, le débit étant le produit des deux.

VI-3.2 Choix du site

VI-3.2.1 Il faudrait procéder à des mesures approximatives de la largeur, de la profondeur et des vitesses, au cours d'un examen préalable, afin de vérifier si le site répond aux conditions requises. Ces mesures devraient servir à vérifier que le profil longitudinal et transversal du lit et la distribution des vitesses sont acceptables en vue d'un mesurage du débit.

VI-3.2.2 Au site sélectionné, il devrait être possible de mesurer toute la gamme des débits et tous les types d'écoulements qui peuvent se présenter ou qu'il est nécessaire de mesurer.

VI-3.2.3 Le site choisi devrait répondre, autant que possible, aux conditions suivantes:

a) Au site de jaugeage, le chenal devrait être rectiligne et de section et pente uniformes. Si la longueur du chenal rectiligne est limitée, la longueur de la partie rectiligne en amont de la section de mesurage devrait être égale au double de la longueur de la partie rectiligne en aval;

b) La profondeur de l'eau dans le bief choisi devrait être suffisante pour assurer l'immersion effective des appareils utilisés, qu'il s'agisse de moulinets ou de flotteurs;

c) Le site de mesurage devrait être dégagé et ne pas être obstrué par des arbres ou autres obstacles.

VI-3.2.4 Outre les conditions énoncées sous VI-3.2.3, les points ci-après devraient être pris en considération lors du choix du site de mesurage:

a) L'accessibilité;

b) Le lit du bief ne devrait pas être sujet à des variations pendant la durée des mesures;

c) L'écoulement devrait être contenu dans un ou plusieurs chenaux déterminés ayant des limites stables et bien définies;

d) Le site devrait être éloigné de tout coude ou de tout obstacle naturel ou artificiel;

e) Il convient d'éviter dans la mesure du possible les sites envahis par une végétation aquatique gênante;

f) Il faudrait éviter les sites où ont tendance à se produire des tourbillons, des courants contraires ou des zones d'eau stagnante;

g) Les sites à écoulement convergent et, encore plus, divergent devraient être évités notamment lorsque la section de mesurage présente une certaine obliquité;

h) L'orientation du bief devrait être telle que le sens de l'écoulement soit, dans la mesure du possible, perpendiculaire à celui du vent dominant;

i) Les sites qui subissent l'influence de remous variables devraient, dans la mesure du possible, être évités;

j) Lorsqu'il est impossible d'éviter les zones inondables, celles-ci devraient être aussi peu étendues et accidentées que possible, ne pas comporter de chenal distinct et être dépourvues de buissons et d'arbres;

k) Les sites de mesurage au voisinage d'un pont devraient se trouver, de préférence, en amont du pont. Cependant, dans les cas où une accumulation de glace, de bois flottants ou d'épaves diverses risque de se produire, le site de mesurage devrait être en aval du pont;

l) Pour les cours d'eau susceptibles d'être recouverts de glace, il faudrait s'assurer que les conditions suivantes sont remplies:

i) La glace devrait être assez résistante pour supporter le poids des personnes ainsi que de leur équipement pendant une grande partie du temps durant lequel le cours d'eau est gelé. C'est pourquoi des méthodes sûres doivent être utilisées pour déterminer la résistance de la glace lorsqu'elle se forme et plus particulièrement lorsqu'elle commence à fondre;

ii) Les sites de mesurage devraient se trouver en amont des biefs d'eau libre, de manière à réduire au maximum la présence de bouillie neigeuse ou de sorbet;

iii) Il faudrait choisir le site de mesurage de manière à éviter la présence de plusieurs couches de glace. Des couches de glace peuvent se former aux endroits qui sont sujets à de nombreuses fluctuations du niveau d'eau ou dans le cas de cours d'eau qui gèlent jusqu'au fond;

NOTE: Lorsque ces conditions ne peuvent être remplies à un site qui par ailleurs est bon, il est possible d'utiliser un site différent pour les mesurages d'hiver, sous réserve que les apports intermédiaires entre les deux sites soient négligeables. Dans certains cas, il peut être nécessaire d'avoir recours à plusieurs sites pour les mesurages d'hiver. Ces sites devraient être examinés durant la saison des eaux libres, afin de déterminer s'ils sont acceptables eu égard aux conditions mentionnées ci-dessus.

m) Si, une fois le site choisi, des modifications inacceptables surviennent dans les caractéristiques du chenal, il faudrait en choisir un autre.

VI-3.2.5 L'étude topographique du site retenu devrait comprendre un plan du site et des précisions sur les caractéristiques du chenal, du lit et de l'écoulement dans la section de mesurage.

VI-3.3 Conception et réalisation

VI-3.3.1 Le site, une fois choisi, devrait être équipé de moyens de repérage de la section en travers et de détermination du niveau.

VI-3.3.2 La position de chaque section en travers qu'on se propose d'utiliser pour faire des jaugeages devrait être définie par des repères fixes très visibles et facilement identifiables; une borne de nivellement devrait être posée.

NOTE: Lorsqu'un site est susceptible d'être recouvert par une épaisse couche de neige, la position des repères de la section mouillée peut être déterminée par rapport à d'autres objets, tels que des tas de pierres.

VI-3.3.3 Dans chaque section, il faudrait installer une échelle de contrôle pour suivre les variations de niveau durant les jaugeages.

VI-3.3.4 Il faudrait établir la correspondance entre le zéro de l'échelle et une cote de référence au moyen d'un nivellement précis.

VI-3.3.5 Lorsqu'il peut y avoir une différence du niveau entre les deux rives, une échelle auxiliaire devrait être installée sur la rive opposée.

NOTE: Ceci est particulièrement important dans le cas de rivières très larges.

VI-3.3.6 Il faudrait émonder ou couper les arbres empêchant d'avoir une vue d'ensemble de la section ou du bief de mesurage.

VI-3.3.7 Il faudrait aménager dans la mesure du possible un accès convenable jusqu'au site de mesurage pour assurer le passage en toute sécurité, quel que soit le débit du cours d'eau et par tous les temps.

VI-3.3.8 Tous les points importants du site devraient être marqués de manière permanente sur le sol au moyen de repères enfoncés à une profondeur suffisante pour qu'ils ne puissent pas bouger.

VI-3.3.9 *Échelle de contrôle*

Elle devrait être conforme aux spécifications de la section II de la présente annexe.

VI-3.3.10 *Repère de nivellement de la station*

Il faudrait établir un repère de nivellement de la station conformément aux spécifications de la section II de la présente annexe.

VI-3.3.11 *Puits de limnigraphe*

Il devrait être conforme aux spécifications de la section II de la présente annexe.

VI-3.3.12 *Limnigraphe*

Le limnigraphe devrait être conforme aux spécifications de la section II de la présente annexe.

VI-3.3.13 *Matériel de sondage et de suspension*

Le matériel de suspension du moulinet devrait être conforme aux spécifications de la section III de la présente annexe.

VI-3.4 Lever topographique et plan définitif de la station

VI-3.4.1 Après la construction de la station de jaugeage, il convient de procéder à un relevé définitif des installations.

VI-3.4.2 Pour les stations de jaugeage, il faudrait lever un profil standard de la section de mesurage en indiquant la position des repères. Ce profil devrait être vérifié fréquemment et révisé s'il y a lieu. Il faudrait avoir en permanence un exemplaire du profil standard (révision la plus récente) dans le local technique de la station.

VI-3.4.3 Pour les stations de jaugeage aux flotteurs, il faudrait établir un plan standard indiquant la ou les lignes choisies pour le lancement des flotteurs, ainsi que les positions des lâchers sur ces lignes. Un exemplaire de ce plan devrait être disponible en permanence dans le local technique.

VI-3.4.4 Le relevé définitif, vérifié suivant les besoins et au moins une fois par an, devrait comporter la détermination exacte des cotes et les positions respectives de toutes les installations de la station, ainsi que des autres points importants et/ou des éléments caractéristiques du site.

VI-3.5 Mesurage de l'aire de la section de jaugeage

VI-3.5.1 *Mesurage de la largeur*

VI-3.5.1.1 La largeur du chenal et celles des divers éléments de la section devraient être mesurées depuis ou jusqu'à un point de référence, qui devrait se situer dans le même plan vertical que la section de jaugeage.

VI-3.5.1.2 Lorsque la largeur du chenal le permet, ou lorsque la surface est recouverte de glace, il faudrait mesurer directement la largeur, par exemple au moyen d'un ruban d'acier ou d'un fil gradué, en ayant soin d'appliquer les corrections nécessaires. Les intervalles entre les verticales, c'est-à-dire les largeurs des éléments de section, devraient être mesurés de la même manière.

NOTE: Les corrections ci-après peuvent se révéler nécessaires:

a) Correction de flèche;

b) Correction de traction;

c) Correction de pente;

d) Correction de température.

VI-3.5.1.3 Lorsque le chenal est trop large pour permettre l'application des méthodes de mesurage indiquées ci-dessus, les distances devraient être déterminées à l'aide d'appareils optiques ou électriques conçus à cet effet, ou à l'aide de l'une des méthodes topographiques couramment utilisées.

NOTE: Ces méthodes topographiques sont les suivantes:

a) Méthode angulaire;

b) Méthode des mesurages linéaires;

c) Méthode du point-pivot.

VI-3.5.1.4 L'erreur limite de la mesure de largeur ne devrait pas excéder 0,5 % de la valeur vraie.

VI-3.5.1.5 La distance entre les sections successives employées pour mesurer la vitesse au moyen de flotteurs devrait être déterminée à l'aide de méthodes analogues à celles qui sont décrites ci-dessus et avec le même degré de précision.

VI-3.5.2 *Mesurage de la profondeur*

VI-3.5.2.1 La profondeur devrait être mesurée à des intervalles suffisamment rapprochés pour définir avec précision le profil de la section mouillée. En général, les intervalles ne devraient pas être supérieurs à 1/15 de la largeur totale dans le cas où le profil du lit est régulier et à 1/20 dans le cas où ce profil est irrégulier.

NOTE: Pour les petits chenaux ayant un profil en travers régulier, le nombre d'intervalles peut être réduit.

VI-3.5.2.2 La profondeur devrait être mesurée soit à la perche, soit au câble, ou avec tout autre dispositif approprié, conformément aux indications de la section III de la présente annexe.

NOTE: Lorsque le chenal a une profondeur suffisante, il est possible d'utiliser un sondeur acoustique. Si la vitesse est élevée, il est préférable d'utiliser un tel sondeur ou tout autre dispositif n'exigeant pas de corrections de dérive importantes.

VI-3.5.2.3 Si on utilise une perche ou un câble de sondage, il faudrait faire au moins deux relevés en chaque point et adopter la valeur moyenne pour les calculs, à moins que l'écart entre les deux valeurs soit supérieur à 5 %, auquel cas il y aurait lieu de procéder à deux nouveaux relevés.

VI-3.5.2.4 Si on utilise un sondeur acoustique, il faudrait toujours prendre la moyenne de plusieurs relevés en chaque point et étalonner fréquemment l'instrument.

VI-3.5.2.5 Si les profondeurs sont déterminées au moyen de sondages se référant à la surface de l'eau, il faudrait procéder à des relevés fréquents du niveau d'eau sur l'échelle de référence, pour faire en sorte que toutes les mesures puissent être ramenées au même plan de référence.

VI-3.5.2.6 Si, pendant le mesurage du débit, le profil change d'une manière appréciable, il faudrait mesurer la profondeur en chaque point en effectuant un relevé de profondeur au début et à la fin de chaque mesurage de vitesse sur une verticale, et la valeur moyenne de ces deux mesurages devrait être adoptée comme étant la profondeur effective.

NOTE: Les erreurs dans la mesure des profondeurs sont dues en général au fait que:

a) La perche ou le câble de sondage s'écarte de la verticale, notamment en eau profonde. Un câble de sondage peut s'écarter de la verticale en raison de la force qu'exerce le courant sur le câble lui-même et sur le saumon. On peut

réduire la dérive en utilisant un câble fin (2,5 mm de diamètre ou moins) et un saumon bien profilé. Il convient d'appliquer à la profondeur mesurée des corrections de dérive;

b) Le saumon ou la perche de sondage s'enfonce dans le matériau du fond. Il est possible d'éviter cette difficulté en utilisant une plaque de fond;

c) Le fond est couvert de rochers ou de grosses pierres. On peut réduire l'influence de ce facteur en multipliant les mesures de profondeur;

d) Lorsqu'on utilise un sondeur acoustique sur des dépôts meubles, ceux-ci risquent de donner lieu à un double écho. L'écho supérieur indiquera normalement la profondeur effective; des études plus poussées seraient cependant nécessaires. Il est possible d'éliminer cet inconvénient en utilisant un sondeur acoustique dont la fréquence opérationnelle est égale ou supérieure à 200 kHz.

VI-3.5.2.7 S'il y a une couverture de glace, c'est la profondeur effective qui devrait être calculée, c'est-à-dire la profondeur de l'eau au-dessous de la couverture de glace.

NOTE: Après avoir découpé des trous dans la glace à l'aide d'un ciseau, d'une scie à chaîne ou d'une tarière à glace, on mesure la profondeur totale, puis la distance entre la surface de l'eau et la base de la couche de glace, en utilisant des règles en forme d'équerre ou instruments du même genre. Pour calculer la profondeur effective, on fait la différence des deux valeurs obtenues.

VI-3.5.2.8 L'erreur limite sur le profil ne devrait pas dépasser ± 2 % ou 0,1 m sur toute l'échelle des profondeurs selon la valeur qui s'avère la plus grande des deux.

VI-3.6 **Mesurage de la vitesse**

VI-3.6.1 ***Mesurage à l'aide d'appareils de mesure ponctuelle de la vitesse***

VI-3.6.1.1

a) L'appareil devrait être maintenu dans la position voulue sur chaque verticale au moyen d'une perche de jaugeage dans le cas de chenaux peu profonds, ou par suspension à un câble ou à une perche lourde à partir d'une nacelle suspendue ou d'un bateau, lorsque les chenaux sont plus profonds;

b) Lorsqu'on utilise un bateau, l'appareil devrait être placé de telle sorte qu'il ne soit pas affecté par les turbulences dues à la présence du bateau;

c) Une fois l'appareil placé sur sa verticale au point choisi, on devrait pouvoir l'orienter dans le sens de l'écoulement, avant de commencer les relevés.

NOTE: L'appareil employé pour mesurer la vitesse peut être un moulinet, un appareil à ultrasons, une tuyère électromagnétique, un appareil à pendule, un tube de Pitot ou tout autre instrument de mesure approprié.

VI-3.6.1.2 Il faudrait faire au moins 20 verticales et le débit partiel dans l'un quelconque des éléments de section ne devrait pas dépasser 10 % du total.

VI-3.6.1.3

a) Chaque mesure ponctuelle de vitesse devrait durer au moins 30 secondes;

b) Lorsque la vitesse de l'eau est sujette à des pulsations périodiques importantes, la durée de la mesure devrait être augmentée en conséquence.

VI-3.6.1.4 L'axe horizontal de l'appareil devrait être plongé à au moins une fois et demie la hauteur du rotor par rapport à la surface de l'eau, et à au moins trois fois la hauteur du rotor par rapport au fond du chenal. De plus, aucune partie du moulinet ne devrait affleurer la surface de l'eau.

VI-3.6.1.5 L'appareil devrait être sorti de l'eau pour être examiné lorsqu'on passe d'une verticale à l'autre.

VI-3.6.1.6 Lorsque les relevés de vitesse sont effectués à partir d'une couverture de glace, il faudrait n'exposer l'appareil à la température de l'air qu'un minimum de temps, afin d'empêcher la formation de glace sur les parties mobiles. S'il se forme néanmoins une couche de glace, il faudrait laisser tremper l'appareil pendant quelques minutes avant de commencer le comptage.

VI-3.6.1.7 Si l'on ne peut éviter un écoulement oblique, il faudrait mesurer l'angle que fait le sens de l'écoulement avec la perpendiculaire à la section de mesure et corriger la vitesse mesurée.

NOTE: Si γ est l'angle mesuré, on aura $v_{\text{corrigée}} = v_{\text{mesurée}} \cos \gamma$

VI-3.6.1.8 La vitesse moyenne de l'eau sur chaque verticale devrait être déterminée par l'une des méthodes couramment utilisées.

NOTE: Ces méthodes sont les suivantes:

a) Planimétrage ou calcul arithmétique de la moyenne sur des profils de vitesses complets (dits aussi «paraboles de vitesses»);

b) Méthodes utilisant un nombre réduit de point:
   i) Méthode des deux points (mesures effectuées à 0,2 et 0,8 fois la profondeur à partir de la surface);
   ii) Méthode du point unique (mesures effectuées à 0,6 fois la profondeur à partir de la surface);

c) Méthode d'intégration;

d) Autres méthodes:
   i) Méthode des six points (mesures effectuées à 0,2, 0,4, 0,6 et 0,8 fois la profondeur à partir de la surface et aussi près que possible de la surface et du fond);
   ii) Méthode des cinq points (mesures effectuées à 0,2, 0,6 et 0,8 fois la profondeur à partir de la surface et aussi près que possible de la surface et du fond);
   iii) Méthode des trois points (mesures effectuées à 0,2, 0,6 et 0,8 fois la profondeur à partir de la surface);
   iv) Variante de la méthode du point unique (mesure effectuée à 0,5 fois la profondeur à partir de la surface);
   v) Méthode du point unique en surface (mesure effectuée en un point situé immédiatement au-dessous de la surface).

VI-3.6.2 ***Jaugeage aux flotteurs***

NOTE: Il ne faudrait utiliser des flotteurs que s'il est impossible d'employer un moulinet en raison de vitesses ou de profondeurs excessives, ou en raison de la présence de corps flottants, ou encore en raison de vitesses trop faibles pour être mesurées au moulinet.

VI-3.6.2.1 ***Choix des sections***

a) Trois sections devraient être choisies le long d'un bief du chenal, au début, au milieu et à la fin du bief.

b) Les sections devraient être suffisamment éloignées l'une de l'autre pour que le temps mis par le flotteur pour aller d'une section à la suivante puisse être mesuré avec précision.

NOTE: Il est recommandé que la durée du parcours des flotteurs soit d'au moins 20 secondes.

VI-3.6.2.2 ***Méthode de mesurage***

a) Le flotteur devrait être lâché suffisamment loin avant la section en amont pour qu'il ait atteint une vitesse constante avant son passage à cette section.

b) Il faudrait noter l'instant auquel le flotteur franchit chacune des trois sections.

c) Ce processus devrait être répété avec plusieurs flotteurs à différentes distances de la rive.

d) La largeur du chenal devrait être divisée en éléments de section d'égale largeur ou ayant approximativement le même débit.

e) Le nombre des éléments de section ne devrait pas être inférieur à trois, mais, si possible, il faudrait en utiliser au moins cinq.

NOTE: On utilise les types de flotteurs suivants: flotteurs de surface, flotteurs doubles, flotteurs profonds et bâtons lestés (bâtons flotteurs).

f) Les flotteurs de surface devraient être utilisés lorsque leur mouvement ne risque pas d'être affecté par le vent.

g) La longueur du flotteur profond devrait être approximativement égale à la profondeur de l'eau, mais le flotteur ne devrait en aucun cas toucher le fond.

h) La longueur du bâton lesté devrait être d'au moins 0,95 fois la profondeur du chenal, mais le bâton ne devrait pas toucher le fond.

VI-3.6.2.3 ***Évaluation de la vitesse***

a) Pour obtenir la vitesse du flotteur, on divise la distance séparant les sections mouillées par le temps que met le flotteur pour parcourir cette distance.

b) Il faudrait relever plusieurs valeurs de la vitesse du flotteur et la moyenne de ces valeurs devrait être multipliée par un coefficient approprié pour obtenir la vitesse moyenne de l'eau.

c) Pour convertir la vitesse du flotteur en vitesse moyenne, il faudrait utiliser le coefficient déduit des mesurages au moulinet faits au même emplacement, à un niveau aussi voisin que possible de celui existant durant les mesurages au flotteur.

NOTE: Les coefficients ci-après sont donnés à titre indicatif:

a) Flotteurs de surface: de 0,84 à 0,90, les valeurs les plus élevées étant obtenues lorsque le fond est lisse;

b) Flotteurs doubles: 1,0 pour 0,6 fois la profondeur et 0,96 pour 0,5 fois la profondeur;

c) Flotteurs profonds et bâtons lestés: de 0,8 à 1,0.

VI-3.7 Méthodes de jaugeage par dilution

NOTE: Principe de la méthode

Un liquide de traçage est injecté dans un cours d'eau et, en un point situé plus loin en aval, lorsqu'un mélange suffisant a été réalisé et qu'on a obtenu une concentration homogène dans la section, on prélève des échantillons. Le changement de concentration entre la solution injectée et l'eau dans la section de prélèvement permet de mesurer le débit. On peut injecter la solution soit graduellement (méthode par injection continue à débit constant), soit d'un seul coup (méthode par injection globale dite aussi «par intégration»). Il peut s'agir d'un colorant chimique, d'un isotope radioactif ou d'un liquide fluorescent.

VI-3.8 Examen préalable du site

Il faudrait procéder à un examen préalable du site pour déterminer les caractéristiques hydrauliques et les conditions de mélange au site envisagé.

VI-3.9 Choix du site

VI-3.9.1 Le site devrait être choisi de façon qu'il soit possible de mesurer toute la gamme des débits et tous les types d'écoulement qui peuvent se présenter ou qu'il est nécessaire de mesurer.

VI-3.9.2 Il ne devrait y avoir ni perte ni apport intermédiaire d'eau dans le bief de mesurage.

VI-3.9.3 La longueur du bief devrait être suffisante pour que la solution injectée au début du bief se trouve diluée de manière uniforme dans toute la section de prélèvement.

NOTE: Il est souhaitable que la distance entre les sections d'injection et de prélèvement soit aussi courte que possible.

VI-3.9.4 Il faudrait choisir un bief où la rivière soit aussi étroite et aussi turbulente que possible, exempte de zones d'eau stagnante, avec de nombreux courants transversaux. Il convient d'éviter les zones herbeuses et envahies par la végétation, ainsi que les zones où la rivière se sépare en plusieurs bras.

NOTE: Pour juger si le bief de mesurage est acceptable et en déterminer la longueur, on peut injecter une solution concentrée de fluorescéine colorante pendant une période de temps relativement courte, en un point situé sur la section éventuelle d'injection. L'étude de la diffusion de la solution montrera s'il existe des zones mortes et indiquera ce que devrait être la distance minimale entre les sections d'injection et de prélèvement.

VI-3.10 Conception et réalisation

VI-3.10.1 La station de jaugeage devrait se composer d'un bief de mesurage et d'une échelle de contrôle.

VI-3.10.2 Il faudrait établir un repère de nivellement de la station conformément aux spécifications de la section II de la présente annexe.

VI-3.10.3 L'échelle de contrôle devrait être conforme aux spécifications de la section II de la présente annexe.

VI-3.10.4 La conception et la construction du puits de mesurage devraient être conformes aux spécifications de la section II de la présente annexe.

VI-3.11 Méthode de la pente de la ligne d'eau

NOTE: Principe de la méthode

On mesure la pente du plan d'eau et l'aire moyenne de la section du chenal dans un bief choisi aussi rectiligne et uniforme que possible. Étant supposé connu le coefficient de rugosité, on calcule la vitesse moyenne en utilisant une formule de débit qui établit un rapport entre la vitesse, la rugosité, le rayon hydraulique moyen et la pente. Le débit est alors le produit de la vitesse moyenne et de l'aire moyenne de la section mouillée.

VI-3.12 Examen préalable du site

Il faudrait procéder à un examen préalable pour s'assurer que les caractéristiques physiques et hydrauliques du site proposé sont acceptables en vue d'un mesurage du débit.

VI-3.13 Choix du site

VI-3.13.1 À l'endroit du site, la rivière devrait être relativement rectiligne et de section uniforme, non obstruée et exempte de végétation, ne montrer aucune tendance à l'affouillement ou à la sédimentation, ne pas être sous l'effet de contrecourant dû à des affluents, d'ouvrages en aval (barrages, ponts) ou de la marée.

VI-3.13.2 La longueur du bief devrait être telle que la différence des niveaux amont et aval ne soit pas inférieure à 10 fois son erreur limite.

VI-3.13.3 L'écoulement devrait se faire entre des limites (rives) bien définies.

VI-3.13.4 L'étude topographique devrait comprendre un plan du site, un profil en long du chenal depuis un point situé en aval d'un contrôle jusqu'à l'extrêmité amont du bief, ainsi que des précisions sur les caractéristiques du chenal, du lit et de l'écoulement.

VI-3.14 Conception et réalisation

VI-3.14.1 La station de jaugeage devrait se composer d'une section de mesurage naturelle ou artificielle et de deux échelles limnimétriques.

VI-3.14.2 Les endroits où se trouvent les sections en travers devraient être marqués sur les berges et ces sections devraient faire l'objet de levers topographiques, à intervalles réguliers, ainsi qu'après chaque crue.

VI-3.14.3 Il faudrait aménager dans la mesure du possible un accès convenable jusqu'au site de mesurage pour assurer le passage en toute sécurité, quel que soit le débit du cours d'eau et par tous les temps.

VI-3.14.4 Tous les points importants du site devraient être marqués de manière permanente sur le sol au moyen de repères enfoncés à une profondeur suffisante pour qu'ils ne puissent pas bouger.

VI-3.15 Lever topographique et plan définitif de la station

VI-3.15.1 Après la construction de la station de jaugeage, il convient de procéder à un relevé définitif.

VI-3.15.2 Les échelles devraient faire l'objet d'un nivellement précis de façon que les relevés d'échelles soient rapportés au même niveau de référence.

VI-3.15.3 Il faudrait mesurer exactement la distance séparant les échelles.

VI-4 Station de jaugeage; mesures régulières

NOTE: Les méthodes exposées ci-après sont celles qui conviennent le mieux pour les mesures relativement fréquentes, que l'on doit souvent effectuer au cours d'une période relativement longue, et dans les cas où un enregistrement continu du débit est souhaité.

VI-4.1 Station hauteur-débit

NOTE: Principe de la méthode

Dans un cours d'eau stable avec un contrôle satisfaisant du niveau aval, il est possible qu'il existe une relation hauteur-débit univoque. Il est alors commode d'établir cette relation (étalonnage de la station) et de déduire ensuite les débits des observations de hauteur à l'échelle ou au limnigraphe. On peut étalonner la station au moyen d'un certain nombre de jaugeages par la méthode d'exploration du champ des vitesses à l'aide de moulinets, ou par la méthode du bateau mobile, par des jaugeages aux flotteurs ou en faisant appel aux méthodes de jaugeage par dilution.

VI-4.2 Examen préalable du site

VI-4.2.1 Il faudrait procéder à un examen préalable pour s'assurer que les caractéristiques physiques et hydrauliques du site proposé sont conformes aux exigences de la méthode choisie pour mesurer le débit en vue de l'étalonnage de la station.

VI-4.2.2 Le site proposé devrait se trouver dans un tronçon stable de la rivière, à l'abri du batillage en hautes eaux, ne pas être envahi par une végétation gênante et ne pas se trouver dans des conditions défavorables en temps de gel.

VI-4.3 Choix du site

VI-4.3.1 Le site devrait être tel qu'on puisse mesurer toute la gamme des débits pour tous les types d'écoulement qui peuvent se présenter ou qu'il est nécessaire de mesurer.

VI-4.3.2 Le site devrait avoir une sensibilité telle que tout changement significatif du débit, même pour les débits les plus faibles, s'accompagne d'un changement significatif du niveau. La sensibilité de la station devrait être suffisante pour les applications auxquelles les mesures devront servir.

VI-4.3.3 Il convient d'éviter dans la mesure du possible les sites envahis par une végétation gênante.

VI-4.3.4 Il ne devrait pas y avoir de tourbillons, ni zones d'eau stagnante, ni autres anomalies de l'écoulement.

VI-4.3.5 Il convient d'éviter, dans la mesure du possible, les sites où les conditions sont médiocres par temps de gel.

VI-4.3.6 L'accès au site devrait être praticable dans la plupart des circonstances.

VI-4.3.7 L'étude topographique détaillée du site devrait être effectuée ainsi qu'il est indiqué ci-dessus, sous VI-3.1, VI-3.7 et VI-3.11, selon la méthode choisie pour le mesurage.

VI-4.4 Conception et réalisation

VI-4.4.1 La station de jaugeage devrait se composer d'une ou de plusieurs sections de mesurage naturelles ou artificielles et d'une échelle de contrôle.

NOTE: On installe normalement un limnigraphe pour obtenir un relevé continu du niveau. Il est parfois souhaitable de placer des échelles sur les deux rives, notamment lorsqu'il semble y avoir une différence de niveau de l'eau entre les deux rives.

VI-4.4.2 La position de chaque section de mesurage devrait être indiquée sur les berges de la rivière au moyen de repères permanents bien visibles et faciles à identifier; il faudrait poser un repère de nivellement pour la station.

VI-4.4.3 Si la hauteur à la station de jaugeage est réglée par une section de contrôle en basses eaux, celle-ci devrait se trouver à l'extrémité aval du bief et les sections de mesurage devraient en être suffisamment éloignées pour éviter toute déformation de l'écoulement qui pourrait se produire à son voisinage.

VI-4.4.4 Là où, selon les spécifications, les principales conditions nécessaires à une bonne station de jaugeage ne sont pas réunies, il faudrait dans la mesure du possible apporter quelques améliorations:

a) Construire des digues pour canaliser l'écoulement en crue;

b) Égaliser le tracé de la rive et stabiliser la pente, et enlever du lit les grosses pierres ou les rochers afin d'éliminer les tourbillons;

c) Protéger les rives instables en amont et en aval d'une section de mesurage sur une distance égale à au moins un quart de la largeur totale du chenal coulant à pleins bords, de part et d'autre de la section. Dans le cas de jaugeages aux flotteurs, il faudrait protéger la totalité du bief de mesurage;

d) Introduire un contrôle artificiel pour améliorer la relation hauteur-débit (sensibilité) ou pour créer dans la section de mesurage des conditions permettant d'utiliser efficacement les instruments de mesure.

NOTE: Un contrôle artificiel est un ouvrage simple construit dans un chenal. Il peut s'agir d'un barrage de faible hauteur ou d'une contraction qui sont rarement conçus pour jouer le rôle de contrôles sur tout l'éventail des niveaux. Un contrôle artificiel n'est pas réalisable dans les grandes rivières alluviales.

VI-4.4.5 L'échelle de contrôle et le limnigraphe devraient être situés le plus près possible de la section de mesurage et, si des flotteurs sont utilisés pour mesurer les vitesses, ils devraient être situés à peu près à mi-chemin dans le bief de mesurage.

VI-4.4.6 Il faudrait aménager dans la mesure du possible un accès convenable jusqu'au site de mesurage, pour assurer le passage en toute sécurité, quel que soit le débit du cours d'eau et par tous les temps.

VI-4.4.7 Tous les points importants du site devraient être marqués de manière permanente sur le sol au moyen de repères enfoncés à une profondeur suffisante pour qu'ils ne puissent pas bouger.

VI-4.4.8 L'échelle de contrôle devrait être conforme aux spécifications de la section II de la présente annexe.

VI-4.4.9 Le puits de mesurage devrait être conforme aux spécifications de la section II de la présente annexe.

VI-4.4.10 Le limnigraphe devrait être conforme aux spécifications de la section II de la présente annexe.

VI-4.5 Lever topographique et plan définitif de la station

a) Le relevé définitif, vérifié selon les besoins, et au moins une fois par an, devrait comporter la détermination exacte des cotes et les positions respectives de toutes les installations de la station, ainsi que des autres points importants ou des éléments caractéristiques du site. Dans le cas de stations où l'effet d'hystérésis est sensible, il faudrait étalonner séparément les crues et les décrues, si les vitesses de montée et de descente sont comparables d'une crue à l'autre.

b) Il faudrait vérifier les profils en travers du lit après chaque crue.

VI-4.6 Exploitation de la station

VI-4.6.1 Lorsqu'une station est équipée seulement d'une ou de plusieurs échelles et ne comporte pas de limnigraphe, l'observateur local devrait être chargé de relever les échelles à heures fixes.

NOTE: Les relevés devraient être effectués, de préférence, à heures fixes. Les intervalles entre les relevés devraient être déterminés en fonction de la rapidité de variation du niveau à la station, ce qui conduit à prévoir des relevés supplémentaires en période de crue. Il est indispensable que l'observateur note l'heure exacte de chaque observation.

VI-4.6.2 Lorsque la station est équipée d'un limnigraphe, l'observateur devrait contrôler régulièrement la bonne marche de l'appareil.

VI-4.6.3 Chaque station de jaugeage devrait être inspectée à chaque fois que l'observateur fait part d'un incident quelconque susceptible d'affecter l'exactitude des relevés.

VI-4.6.4 Il faudrait nettoyer et lubrifier tous les limnigraphes et horloges de limnigraphes conformément aux instructions du fabricant, ou selon les besoins compte tenu de l'expérience acquise au cours de l'exploitation de la station.

VI-4.6.5 Il faudrait lever la cote de tous les points importants de la station en se référant au repère de nivellement, au moins une fois par an ou après toute crue susceptible d'avoir endommagé les installations ou déplacé certains dispositifs, notamment sous l'action de corps flottants ou des glaces. Il faudrait en même temps vérifier la verticalité des échelles limnimétriques verticales.

VI-4.7 Pente (ou dénivelée) – hauteur-débit

NOTE: Principe de la méthode

Dans un chenal stable avec un contrôle variable du niveau d'eau en aval, alors qu'il n'y a pas de relation univoque entre la hauteur à l'échelle et le débit, il est possible qu'il existe une relation entre la pente de la ligne d'eau, la hauteur et le débit. Dans de tels cours d'eau on peut tenter de mesurer à la fois la pente de la ligne d'eau et le niveau et d'en déduire le débit. On peut étalonner la station par la méthode d'exploration du champ des vitesses ou en faisant appel aux méthodes de jaugeage par dilution.

VI-4.8 Examen préalable du site

Voir VI-4.2 ci-dessus.

VI-4.9 Choix du site

VI-4.9.1 On devrait pouvoir mesurer toute la gamme des débits et tous les types d'écoulement qui peuvent se présenter ou qu'il est nécessaire de mesurer.

VI-4.9.2 La sensibilité d'une station de jaugeage à deux échelles se traduit par le fait que tout changement significatif du débit, même pour les débits les plus faibles, s'accompagne d'un changement significatif de niveau aux échelles limnimétriques et de la différence entre les hauteurs lues aux deux échelles. La sensibilité de la station devrait être suffisante pour les applications auxquelles les mesures devront servir.

VI-4.9.3 Il faudrait éviter, dans la mesure du possible, les sites envahis par une végétation gênante.

VI-4.9.4 Il ne devrait pas y avoir de tourbillons, ni d'eau stagnante, ni d'autres anomalies de l'écoulement.

VI-4.9.5 Il faudrait éviter, dans la mesure du possible, les sites où les conditions sont médiocres par temps de gel.

VI-4.9.6 L'accès au site devrait être praticable dans la plupart des circonstances.

VI-4.10 Étude topographique

Voir VI-4.3.7 ci-dessus.

VI-4.11 Conception et réalisation

VI-4.11.1 La station de jaugeage devrait se composer d'une ou de plusieurs sections de mesurage naturelles ou artificielles et de deux échelles, dont une sert d'échelle de base pour les hauteurs.

NOTE: Des limnigraphes peuvent être installés pour obtenir un relevé continu de la hauteur et de la dénivelée. Il est parfois souhaitable de placer des échelles sur les deux rives, notamment lorsqu'il apparaît qu'il existe une différence de niveau d'eau d'une rive à l'autre.

VI-4.11.2 Les positions des sections devraient être marquées sur les berges au moyen de repères permanents bien visibles et faciles à identifier; il faudrait poser un repère de nivellement pour la station.

VI-4.11.3 Le bief devrait être d'une longueur suffisante pour que toute erreur d'observation soit négligeable par rapport à la dénivelée entre les deux échelles.

VI-4.11.4 Si la hauteur à la station de jaugeage est réglée par une section de contrôle aux basses eaux, celle-ci devrait se trouver à l'extrémité aval du bief et les sections de mesurage devraient en être suffisamment éloignées pour éviter toute déformation de l'écoulement qui pourrait se produire en son voisinage.

VI-4.11.5 L'échelle de contrôle et le limnigraphe devraient être situés le plus près possible de la section de mesurage et, si on fait des jaugeages aux flotteurs, à peu près au milieu du bief de mesurage.

VI-4.11.6 Là où, selon les spécifications, les principales conditions nécessaires à une bonne station de jaugeage ne sont pas réunies, il faudrait, dans la mesure du possible, apporter quelques améliorations ainsi qu'il est indiqué sous VI-4.4.4.

VI-4.11.7 Là où il n'en existe pas déjà un, il faudrait, dans la mesure du possible, aménager un accès convenable jusqu'au site de mesurage, pour assurer le passage en toute sécurité, quel que soit le débit du cours d'eau et par tous les temps.

VI-4.11.8 Tous les points importants du site devraient être marqués de manière permanente sur le sol au moyen de repères enfoncés à une profondeur suffisante pour qu'ils ne puissent pas bouger.

VI-4.11.9 L'échelle de contrôle devrait être conforme aux spécifications de la section II de la présente annexe.

VI-4.11.10 Les puits de mesurage devraient être conformes aux spécifications de la section II de la présente annexe.

VI-4.11.11 Les limnigraphes devraient être conformes aux spécifications de la section II de la présente annexe.

VI-4.12 Lever topographique et plan définitif de la station

VI-4.12.1 Un relevé définitif, vérifié selon les besoins, et au moins une fois par an, devrait comporter la détermination exacte des cotes et les positions respectives de toutes les installations de la station, ainsi que des autres points importants ou des éléments caractéristiques du site.

VI-4.12.2 Il convient de vérifier les profils des sections en travers après une crue.

VI-4.13 Exploitation de la station

Voir VI-4.6 ci-dessus.

VI-4.14 Déversoirs à échancrure, déversoirs et canaux jaugeurs

NOTE: Principe de la méthode

On établit une relation entre la charge et le débit, généralement en laboratoire, et on applique cette relation à l'installation réalisée sur le terrain. Il suffit de mesurer la charge à la station de jaugeage et d'introduire cette valeur dans la formule pour obtenir la valeur du débit. La formule et ses conditions d'application à une station donnée sont spécifiées dans le *Manual on Stream Gauging* (WMO-No. 519). Autant que possible, la formule devrait être vérifiée *in situ* par des mesures de débit.

VI-4.15 Examen préalable du site

Il convient de procéder à un examen préalable concernant les caractéristiques physiques et hydrauliques du site proposé afin de vérifier qu'il satisfait (ou peut être aménagé de manière à satisfaire) aux conditions requises pour la mesure du débit au moyen du type d'installation proposé.

VI-4.16 Choix du site

VI-4.16.1 Lors du choix de l'emplacement, il convient d'accorder une importance toute particulière aux points suivants:

a) Section régulière du chenal sur une longueur suffisante (voir la NOTE sous VI-4.16.3);

b) Répartition uniforme des vitesses;

c) Pente modérée du chenal (le nombre de Froude ne devrait pas excéder environ 0,5);

d) Effets de remous de l'ouvrage vers l'amont;

e) Conditions aval (y compris diverses influences comme les marées, les confluences d'autres cours d'eau, les vannes, les barrages de minoterie et autres caractéristiques de contrôle, telles que l'accroissement saisonnier de la végétation) qui seraient susceptibles d'entraîner l'ennoiement du ressaut ou de la lame déversante;

f) Imperméabilité du sol sur lequel on doit établir les fondations de l'ouvrage; voir s'il sera nécessaire d'enfoncer des palplanches, de jointoyer au mortier liquide ou d'employer tout autre moyen pour limiter le suintement;

g) Nécessité d'endiguer pour que le débit maximal passe dans le chenal;

h) Stabilité des berges; voir s'il est nécessaire de les égaliser et/ou de les revêtir;

i) Uniformité de la section en travers dans le chenal d'approche.

VI-4.16.2 L'ouvrage devrait être conçu de manière qu'il ne puisse pas se trouver noyé dans certaines conditions d'exploitation.

VI-4.16.3 Les vitesses dans le chenal d'approche devraient avoir une distribution symétrique.

NOTE: Le meilleur moyen d'y parvenir est de choisir ou d'aménager un chenal d'approche long et rectiligne de section uniforme. Il suffira en général que la longueur de chenal d'approche corresponde à cinq fois la largeur du plan d'eau au débit maximal, à condition que l'eau ne pénètre pas dans le chenal d'approche avec une vitesse élevée après un coude très prononcé ou une vanne placée de biais.

VI-4.17 Conception et réalisation

VI-4.17.1 La station de jaugeage devrait se composer d'un chenal d'approche, d'un ouvrage de mesurage équipé de ses échelles amont, d'un chenal aval et d'une échelle de contrôle.

NOTE: On installe en général un limnigraphe pour obtenir un relevé continu de la charge.

VI-4.17.2 L'organe de contrôle devrait être rigide et étanche, et capable de supporter les crues sans subir de dégâts du fait d'un débordement de l'ouvrage ou de l'affouillement en aval. L'axe de l'ouvrage devrait être dans le prolongement de celui du chenal d'amont.

VI-4.17.3 Les parois de la partie active de l'ouvrage, notamment au droit du col d'un canal jaugeur, et le fond du chenal d'approche à l'amont immédiat de cette partie devraient être lisses.

VI-4.17.4 Les parois verticales latérales au droit du rétrécissement dans le plan devraient être placées symétriquement par rapport à l'axe médian du chenal.

VI-4.17.5 Afin d'obtenir une erreur limite acceptable du débit, il faudrait respecter les tolérances de construction spécifiées dans les normes internationales* pertinentes.

* Normes ISO 1438, 3846, 3847, 4359, 4360, 4362, 4377 et *Manual on Stream Gauging* (WMO-No. 519).

VI-4.17.6 L'échelle devrait être conforme aux spécifications de la section II de la présente annexe.

VI-4.17.7 Le zéro du dispositif de mesure de la charge devrait être réglé avec précision dès le début au niveau de la crête ou du radier du col, et il faudrait vérifier régulièrement ce réglage par la suite.

VI-4.17.8 Il faudrait établir un repère de nivellement de la station conformément aux spécifications de la section II de la présente annexe.

VI-4.17.9 La conception et la construction du puits de mesurage devraient être conformes aux spécifications de la section II de la présente annexe.

VI-4.17.10 Le limnigraphe devrait être conforme aux spécifications de la section II de la présente annexe.

VI-5 Station de jaugeage à ultrasons (méthode acoustique)

NOTE: Principe de la méthode

Le principe du jaugeage par ultrasons consiste à mesurer la vitesse de l'écoulement à une certaine profondeur du chenal en émettant simultanément des impulsions dans les deux sens à travers l'eau, à partir de transducteurs situés dans la berge de chaque côté de la rivière. Les transducteurs peuvent être conçus pour émettre et recevoir des impulsions. Ils ne sont pas situés directement en face l'un de l'autre, mais sont décalés de manière que l'angle formé par la trajectoire de l'impulsion et la direction de l'écoulement soit compris entre 30° et 60°. L'écart entre le temps de déplacement des impulsions franchissant la rivière d'aval en amont et celui des impulsions allant d'amont en aval est lié directement à la vitesse moyenne de l'eau à la profondeur des transducteurs. On peut alors établir la relation entre cette vitesse et la vitesse moyenne de l'écoulement de toute la section mouillée et, si cela est souhaitable, le système peut donner une indication directe de débit, à condition d'introduire les superficies correspondantes dans le processeur électronique.

VI-5.1 Examen préalable du site

Il convient de procéder à un examen préalable pour s'assurer que les caractéristiques physiques et hydrauliques du site proposé répondent aux exigences de la méthode que l'on envisage d'employer.

VI-5.2 Choix du site

VI-5.2.1 Le site devrait permettre de mesurer toute la gamme des débits et tous les types d'écoulement qui peuvent se présenter ou qu'il est nécessaire de mesurer.

VI-5.2.2 Lors du choix du site, il faudrait tenir compte des facteurs suivants:

a) Raccordement électrique au secteur;

b) Accès convenable au site, de préférence sur les deux rives;

c) Éviter, si possible, les coudes très marqués dans le chenal, ceux-ci pouvant cependant être acceptables si le site remplit la condition *d*);

d) Aux sections choisies dans le secteur entre les installations amont et aval de transducteurs, la distribution des vitesses devrait être la même;

e) Le lit devrait, de préférence, être stable;

f) La section devrait être exempte de toute végétation gênante susceptible d'amoindrir le signal acoustique;

g) Le tableau ci-après donne les valeurs approximatives des profondeurs minimales requises pour l'écoulement des rivières dans le cas de trois fréquences. Les valeurs indiquées tiennent compte uniquement du problème de la réfraction et montrent que la profondeur d'eau requise croît à mesure que la longueur du trajet augmente. Ce tableau est fondé sur la méthode de détection des signaux du «premier croisement au point nul»;

Longueur du trajet (m)	*Fréquence, kHz*		
	100	200	500
	Profondeur minimale nécessaire (m)		
50	0,8	0,6	0,4
100	1,2	0,8	0,5
200	1,7	1,2	0,8
300	2,1	1,5	0,9
400	2,4	1,7	1,1
500	2,9	1,9	1,2
600	3,0	2,0	1,3

h) Des gradients de température de l'ordre de seulement 0,01 °C par 30 mm de profondeur peuvent entraîner une réfraction du signal acoustique, et il arrive que le signal se perde du fait de ce seul facteur. Il faudrait donc procéder à des relevés de température d'eau au site proposé, notamment durant les périodes où les températures atteignent des valeurs extrêmes;

i) L'atténuation du signal acoustique peut aussi provenir de la réflexion et de la dispersion de l'onde de pression propagée du fait de la présence de bulles d'air dans l'eau; il faudrait donc éviter les sites situés immédiatement en aval des barrages, des déversoirs ou des chutes d'eau;

j) Les matières en suspension peuvent avoir un effet notable sur l'atténuation des signaux causée par réflexion et dispersion sur les particules de sédiments. D'une manière générale, il convient d'éviter les tronçons où la concentration est supérieure à 1 000 mg/l pendant des périodes de temps appréciables. Il faudrait tenir le plus grand compte de la fréquence utilisée, de la taille des particules et de leur distribution, de la température de l'eau et de la longueur du trajet acoustique.

VI-5.3 Conception et réalisation

VI-5.3.l La station de jaugeage devrait comprendre:

a) Une ou plusieurs paires de transducteurs
   i) Soit installés sur chaque berge et fixés de manière permanente;
   ii) Soit installés sur chaque berge et pouvant se déplacer dans le plan vertical ou selon un plan incliné;

b) Une console électronique avec processeur et enregistreur de données;

c) Un limnigraphe relié au processeur par l'intermédiaire d'une interface, le tout sortant des valeurs de niveau ou de débit, ou des deux;

d) Un câble sous armature pour transmettre les signaux en provenance des transducteurs et du limnigraphe (s'il y en a un), normalement installé dans le cours d'eau;

e) Une échelle de contrôle.

VI-5.3.2 Il faudrait procéder à un nivellement détaillé du lit et des rives sur une distance correspondant à une largeur de rivière, en amont de l'emplacement proposé pour les transducteurs amont et sur une distance d'une largeur de rivière au-delà de l'emplacement proposé pour les transducteurs aval. Il faudrait prendre, le cas échéant, des dispositions pour améliorer l'état du fond et des berges.

VI-5.3.3 Une fois que l'on a décidé des emplacements des transducteurs, il convient de relever soigneusement l'angle formé par ces emplacements pour programmer définitivement le calculateur.

NOTE: Il est possible d'enregistrer les données fournies par une station de mesure par ultrasons sous les formes suivantes:

a) Vitesse de propagation (ou un indice numériquement proportionnel à la vitesse de propagation);

b) Vitesse de propagation et hauteur à l'échelle;

c) Débit et hauteur à l'échelle;

d) Vitesse et débit;

e) Vitesse, débit et hauteur à l'échelle.

Si la hauteur à l'échelle n'est pas comprise dans le menu, il faudrait l'enregistrer séparément au moyen d'un limnigraphe en vue d'un traitement ultérieur.

Quand on travaille en mode débit, il convient de ménager, dans la programmation du processeur, une possibilité d'intervention manuelle afin de faire les ajustements nécessaires en cas de modification du lit.

VI-5.3.4 L'échelle de contrôle devrait être conforme aux spécifications de la section II de la présente annexe.

VI-5.3.5 Il faudrait établir un repère de nivellement de la station conformément aux spécifications de la section II de la présente annexe.

VI-5.3.6 La conception et la construction du puits de limnigraphe, si on en utilise un, devraient être conformes aux spécifications de la section II de la présente annexe.

VI-5.3.7 Le limnigraphe devrait être conforme aux spécifications de la section II de la présente annexe.

VI-6 Compilation des résultats

VI-6.1 Toutes les données obtenues *in situ* devraient faire rapidement l'objet d'un examen critique permettant de détecter les anomalies éventuelles.

VI-6.2 Pour les limnigraphes, les graphiques ou les enregistrements sur bande (magnétique ou ruban perforé)

devraient être dépouillés à des intervalles appropriés permettant de représenter l'hydrogramme de manière satisfaisante. Il faudrait effectuer la traduction hauteur-débit pour chaque relevé de hauteur, en apportant toutes les corrections nécessaires.

VI-6.3 Il faudrait éviter, dans la mesure du possible, l'extrapolation des débits d'après les courbes de tarage. On devrait établir une distinction entre les débits déduits par extrapolation et ceux qui sont déduits par interpolation (les méthodes d'extrapolation sont exposées en détail dans le *Manual on Stream Gauging* (WMO-No. 519), Volume II — Computation of discharge, pages 16 à 26).

NOTE: Un relevé peut être considéré comme un relevé type si la somme des quantités estimées n'excède pas 5 % de l'écoulement total pour l'année considérée.

VI-6.4 Les commentaires accompagnant le relevé devraient indiquer, le cas échéant, les jours durant lesquels l'écoulement s'est trouvé affecté par la croissance de la végétation, les glaçons ou les débris charriés par une crue.

VI-7 Jaugeage par temps de gel

VI-7.1 Conception et réalisation

VI-7.2 Puits de limnigraphe

Le puits de limnigraphe et les tuyaux de prise devraient être construits de manière que le système soit en état de fonctionner pendant des périodes de gel de longue durée.

VI-7.3 Limnigraphe pneumatique

VI-7.3.1 L'orifice par lequel le gaz comprimé sort dans l'eau devrait être à une cote inférieure à celle de la base du couvert de glace qui se forme normalement à la station de jaugeage.

VI-7.3.2 L'orifice devrait être situé le plus loin possible des endroits où se forme la glace de fond, par exemple à l'amont de rapides, pour éviter son obstruction.

VI-7.3.3 Si l'orifice risque de se trouver pris dans la glace, il faudrait réduire la pression d'alimentation du gaz à une valeur inférieure à la pression correspondant à la plage complète de mesure de l'instrument.

VI-7.3.4 La conduite allant jusqu'à l'orifice devrait être enterrée dans la berge à une profondeur suffisante pour empêcher les dégâts pouvant résulter d'un affouillement par la glace durant la montée des eaux.

VI-7.3.5 Il faudrait chauffer, si nécessaire, les instruments jusqu'à la température de service minimale spécifiée par le fabricant pour assurer un fonctionnement ininterrompu.

NOTES:

a) Le mercure, employé dans certains instruments de mesure, se solidifie à environ – 40 °C.

b) Il est possible d'hydrofuger les batteries d'alimentation et de les placer dans le cours d'eau, de manière à obtenir des résultats satisfaisants lorsque les températures sont extrêmement basses.

VI-7.4 Déversoirs à échancrure, déversoirs et canaux jaugeurs

VI-7.4.1 Là où cela est nécessaire et réalisable, les déversoirs à échancrure, les déversoirs et les canaux jaugeurs devraient être chauffés durant la période de gel de manière à s'assurer que la relation charge-débit est applicable pendant l'hiver.

VI-7.4.2 Il faudrait vérifier la cote de l'ouvrage durant la période de gel, ou après cette période, pour s'assurer que celui-ci ne s'est pas soulevé du fait que le sol a gelé.

VII – DÉTERMINATION DE LA RELATION HAUTEUR-DÉBIT

(*Voir* [D.1.2.] 3.4.1)

VII-1 Objet et domaine d'application

NOTES:

a) La présente section est fondée sur la norme ISO 1100-2 (1998 et 2000) intitulée «Mesurage de débit des liquides dans les canaux découverts — Partie 2: Détermination de la relation hauteur-débit».

b) On trouvera des recommandations détaillées concernant la relation hauteur-débit et les erreurs limites qui découlent de son application dans le *Manual on Stream Gauging* (WMO-No. 519).

La présente section spécifie les méthodes de détermination de la relation hauteur-débit à une station de jaugeage sur un cours d'eau à lit stable ou instable, notamment exposé au gel, et analyse les erreurs limites qui interviennent au cours de la mise au point et de l'utilisation de la relation. Les spécifications ont été établies en vue de mettre en application les dispositions du *Règlement technique* énoncées sous [D.1.2.] 3.1 et de satisfaire aux critères de précision indiqués sous [D.1.2.] 3.6.

VII-2 Étalonnage d'une station de jaugeage

VII-2.1 Généralités

Toute relation hauteur-débit devrait être remise continuellement en question afin d'en garantir la validité et de la redéterminer lorsqu'il se révèle qu'elle a été significativement modifiée par des changements intervenus dans le cours d'eau.

NOTE: Une rivière évoluant continuellement, ses caractéristiques sont sujettes à des changements qui risquent de modifier l'étalonnage. Ces changements peuvent se produire graduellement, notamment par affouillement et alluvionnement progressif, ou brusquement, à la suite de modifications brutales du lit. Par ailleurs, des changements temporaires peuvent provenir de la croissance ou de la disparition d'une végétation aquatique, de la formation ou de la disparition d'un couvert de glace ou être causés par l'accumulation de débris.

VII-2.2 Relation hauteur-débit stable

NOTES:

a) La manière la plus simple de représenter la relation hauteur-débit est de porter sur un graphique en papier millimétré les résultats des jaugeages effectués, les débits étant souvent portés en abscisse et les hauteurs à l'échelle en ordonnée. Comme le débit varie souvent de plusieurs ordres de grandeur, il peut être plus commode de représenter la relation sur du papier semi-logarithmique ou logarithmique. La hauteur retenue pour chaque jaugeage devrait être la moyenne pondérée des hauteurs observées durant la mesure.

b) Le calcul de la hauteur moyenne à attribuer à un jaugeage est exposé dans le *Manual on Stream Gauging* (WMO-No. 519), Volume I — Fieldwork, pages 147 à 150.

VII-2.2.1 Il conviendrait de tracer à l'œil une courbe régulière passant à travers les points expérimentaux afin de déceler les résultats qui risquent d'être erronés.

VII-2.2.2 Il faudrait tracer la courbe d'étalonnage à partir d'un nombre suffisant de jaugeages répartis équitablement sur toute la gamme des hauteurs observées.

VII-2.2.3 Il conviendrait de rechercher, en s'appuyant sur les jaugeages disponibles, si la station présente une hystérésis. On effectuera, si possible, les jaugeages en étale, sinon il faudrait distinguer, au moyen de symboles distinctifs, les mesures effectuées en crue de celles qui sont faites à la décrue.

VII-2.2.4 La courbe d'étalonnage peut être mise en équation ou être utilisée telle que.

NOTE: Si le zéro de l'échelle coïncide avec un débit nul, il est parfois possible d'exprimer la relation hauteur-débit par une équation de la forme $Q = Ch^{\beta}$ (où Q est le débit, h la hauteur à l'échelle, C et β des coefficients) pour toute la gamme des hauteurs ou, plus souvent, au moyen de plusieurs équations de la même forme se rapportant chacune à un tronçon de la courbe (défini par un intervalle de hauteurs). Si le zéro de l'échelle ne correspond pas à un débit nul, il y aurait lieu d'appliquer à h une correction «a» et l'équation deviendrait:

$$Q = C\,(h + a)^{\beta}$$

Il est possible de déterminer a en considérant le niveau dans la section de contrôle pour un débit nul. On peut aussi déterminer la constante a par approximations successives en portant Q (en échelle arithmétique ou en échelle logarithmique) en fonction de $h + a$ (en logarithmique). On peut estimer que la meilleure valeur de a est celle pour laquelle on obtient le meilleur alignement des points.

VII-2.3 Relation hauteur-débit instable

VII-2.3.1 *Généralités*

Il faudrait ajuster des courbes d'étalonnage aux jaugeages effectués pour les périodes pendant lesquelles le détarage est faible ou nul.

NOTE: La géométrie et la rugosité des lits instables, et de ce fait leurs caractéristiques de contrôle, varient en fonction du temps, entraînant la variation de la relation hauteur-débit en tout point du cours d'eau. Ces variations se produisent particulièrement durant et après les périodes de crue, par temps de gel et durant les périodes de croissance et de décroissance de la végétation aquatique. Dans ces cas, on porte sur un graphique tous les débits mesurés en regard des hauteurs correspondantes en indiquant l'ordre chronologique de chaque point.

VII-2.3.2 *Contrôles de détarage*

NOTE: Il y a lieu d'effectuer des contrôles de détarage lorsque la relation hauteur-débit n'est pas constante, mais varie de temps à autre, soit graduellement, soit brusquement, par suite de modifications des caractéristiques physiques du cours d'eau qui conditionnent la relation hauteur-débit à la station. Si une série de jaugeages montre que la relation hauteur-débit a changé, il faut établir une nouvelle courbe d'étalonnage; en attendant qu'un nombre suffisant de jaugeages permette de l'établir sur une base sûre, une courbe provisoire peut parfois être obtenue en décalant sur l'ancienne courbe l'échelle des hauteurs, de manière que la hauteur réellement lue à l'échelle corresponde au débit mesuré et à la courbe de tarage.

VII-2.3.3 *Détarage du contrôle hydraulique par suite du gel*

VII-2.3.3.1 *Mesure du débit et de l'épaisseur de glace*

a) On devrait mesurer le débit avant et après la formation du couvert de glace pour évaluer la diminution de débit qu'elle occasionne, puis à des intervalles convenables permettant de suivre la décrue sous le couvert de glace, et avant et après la débâcle afin de savoir quand il est de nouveau possible d'appliquer la relation hauteur-débit en eau libre.

b) Il y aurait lieu de mesurer l'épaisseur de glace chaque fois qu'on mesure le débit.

VII-2.3.3.2 *Calcul du débit journalier*

Pour calculer le débit moyen journalier, on devrait appliquer une méthode standard.

NOTE: Les méthodes standard les plus courantes sont les suivantes:

a) Utilisation des hauteurs réellement observées à l'échelle et de la relation hauteur-débit en eau libre;

b) Interpolation des débits entre deux jaugeages;

c) Utilisation de l'équation de décrue, notamment pour les cours d'eau importants bénéficiant d'une régularisation significative par passage dans les lacs;

d) Utilisation d'une courbe de tarage hivernale, en particulier si le régime des glaces semble être le même d'un hiver à l'autre.

VII-2.3.4 *Évaluation à l'aide de la pente de la ligne d'eau (dénivelée)*

NOTE: Pour évaluer le débit dans le cas de sites de jaugeage qui subissent l'influence de remous variables et d'un phénomène d'hystérésis dû à la variation du débit si la pente hydraulique est très faible, il faut utiliser comme paramètre complémentaire la dénivelée de plan d'eau entre deux échelles situées dans le bief. On reporte sur un graphique les couples hauteur-débit correspondant aux jaugeages effectués en notant pour chacun d'eux la dénivelée observée: l'ensemble indique si la relation est influencée par une variation de la pente, soit pour toutes les valeurs des hauteurs et des pentes, soit seulement pour les pentes inférieures à une valeur donnée.

VII-2.3.4.1 Si le débit est toujours influencé par la pente, il faudrait appliquer la méthode de la dénivelée constante pour évaluer la relation hauteur-débit.

VII-2.3.4.2 Si le débit ne subit l'influence de la dénivelée que lorsque celle-ci est inférieure à une valeur donnée, il faudrait appliquer la méthode de la dénivelée normale pour évaluer la relation hauteur-débit.

NOTE: Les deux méthodes sont décrites dans le *Manual on Stream Gauging* (WMO-No. 519), Volume II — Computation of discharge, chapitre 2, et dans la norme ISO 1100-2, annexe C.

VII-2.4 Extrapolation de la courbe d'étalonnage

VII-2.4.1 Il est préférable de ne pas utiliser une courbe d'étalonnage en dehors de la gamme de hauteurs pour laquelle elle a été établie.

VII-2.4.2 S'il était nécessaire d'extrapoler, il conviendrait de vérifier les résultats obtenus par plusieurs méthodes.

VII-2.5 Barème d'étalonnage

Il est possible de dresser un barème d'étalonnage à partir de la (des) courbe(s) d'étalonnage ou de l'(des) équation(s) de la (des) courbe(s) en portant les débits qui correspondent à des hauteurs classées par ordre croissant en utilisant un intervalle correspondant à la précision d'interpolation que l'on souhaite obtenir.

VII-3 Contrôle de l'ajustement des courbes hauteur-débit

On devrait effectuer des contrôles de la validité de l'ajustement des courbes hauteur-débit aux jaugeages et en déterminer les erreurs systématiques.

NOTE: Des méthodes de contrôle sont indiquées dans le *Manual on Stream Gauging* (WMO-No. 519), Volume II — Computation of discharge, chapitre 1, et dans la norme ISO 1100-2, annexe A.

VII-4 Erreur limite sur la relation hauteur-débit et les débits moyens

VII-4.1 Analyse statistique de la relation hauteur-débit

VII-4.1.1 La relation hauteur-débit devrait être plus précise que l'un quelconque des jaugeages particuliers.

VII-4.1.2 On pourrait exprimer l'erreur limite sur la relation hauteur-débit par E_{mr}, l'intervalle de confiance, au niveau de 95 %, exprimé en pourcentage du débit calculé à partir de la relation hauteur-débit pour chaque hauteur limnimétrique correspondant à un jaugeage.

VII-4.1.3 S'il y a une ou plusieurs ruptures de pente dans la relation hauteur-débit, il y aurait lieu de calculer E_{mr} pour chaque intervalle compris entre deux ruptures.

VII-4.1.4 Il faudrait disposer d'au moins 20 observations dans chaque intervalle pour avoir une estimation acceptable de E_{mr} du point de vue statistique.

NOTE: La méthode à appliquer pour évaluer l'erreur limite de la relation hauteur-débit $Q = C\ (h + a)^{\beta}$ est la suivante*:

a) Pour la relation logarithmique, on calcule l'erreur type sur la valeur estimative à l'aide de la relation:

$$S_e(In\ Q) = \pm\left[\left[\frac{N-1}{N-2}\right]\left[S^2\left(In\ Q\right) - \beta^2\ S^2\left(In\left(h+a\right)\right)\right]\right]^{1/2}$$

où:

$S_e\ (In\ Q)$ est l'erreur type de l'estimation de *In Q*, exprimée en valeur absolue;

N est le nombre de jaugeages;

$S_{(x)}$ est l'écart type de x;

β est l'exposant de la relation hauteur-débit;

$(h + a)$ est la hauteur;

b) On obtient l'erreur limite E_{mr} en appliquant la formule:

$$E_{mr} = \pm\ tS_e\left(In\ Q\right)\left[1/N + \frac{\left[In\left(h+a\right) - \overline{In\left(h+a\right)}\right]^2}{\sum\left[In\left(h+a\right) - In\left(h+a\right)\right]^2}\right]^{1/2}$$

où:

t est la variable *t* de Student au niveau de confiance de 95 %;

E_{mr} est exprimée en pourcentage du débit;

c) L'erreur limite sur la hauteur limnimétrique se calcule à l'aide de la formule:

$$E_{(h+a)} = \pm\ \frac{100}{\left(h+a\right)}\left(E'^2_g + E'^2_z\right)^{1/2}$$

où:

$E_{(h + a)}$ est l'erreur limite sur la hauteur limnimétrique (ou hauteur);

$(h + a)$ est la hauteur limnimétrique (exprimée en mètres);

E'_g est l'erreur limite fortuite sur la valeur enregistrée de la hauteur limnimétrique (mètres) (valeur recommandée pour enregistrement sur bande perforée = ± 3 mm; pour enregistrement graphique = ± 5 mm);

E'_z est l'erreur limite fortuite sur le zéro de l'échelle (en mètres) (valeur recommandée = ± 3 mm).

* On trouvera un exemple de calcul de l'erreur limite de la relation hauteur-débit dans le *Manual on Stream Gauging* (WMO-No. 519), Volume II, chapitre 1, pages 28 à 33.

VII-4.2 Erreur limite sur le débit moyen

VII-4.2.1 On devrait calculer le débit moyen journalier en prenant la valeur moyenne des observations de débit effectuées durant une période de 24 heures.

NOTE: La méthode d'évaluation de l'erreur limite sur le débit moyen journalier est la suivante:

a) Pour une station où le débit est mesuré par exploration du champ des vitesses:

$$E_{dm} = \pm\ \frac{\sum\left(E^2_{mr} + \beta^2\ E^2_{h+a}\right)^{1/2} Q_h}{\sum Q_h}$$

où:

E_{dm} est l'erreur limite sur le débit moyen journalier;

E_{mr} est l'erreur limite sur la relation hauteur-débit;

$E_{(h + a)}$ est l'erreur limite sur la mesure de la hauteur limnimétrique;

Q_h sont les valeurs des débits utilisées pour calculer les débits moyens journaliers;

β est l'exposant de la relation hauteur-débit;

b) Pour les stations équipées d'un ouvrage hydraulique de mesure:

$$E_{dm} = \pm\ \frac{\sum\left(E^2_c + \beta^2\ E^2_{h+a}\right)^{1/2} Q_h}{\sum Q_h}$$

où E_c est l'erreur limite sur le coefficient de débit.

VII-4.2.2 Pour le débit moyen mensuel:

$$E_{mm} = \pm\ \frac{\sum E_{dm} Q_{dm}}{\sum Q_{dm}}$$

où:

E_{mm} est l'erreur limite sur le débit moyen mensuel;

Q_{dm} est le débit moyen journalier.

VII-4.2.3 Pour le débit annuel:

$$E_a = \pm\ \frac{\sum E_{mm}\ Q_{mm}}{\sum Q_{mm}}$$

où:

E_a est l'erreur limite sur le débit annuel;

Q_{mm} est le débit moyen mensuel.

VIII – CALCUL DE L'ERREUR LIMITE SUR LES MESURES DE DÉBIT

(*Voir* [D.1.2.] 3.7)

VIII-1 Objet et domaine d'application

NOTES:

a) La présente section est fondée sur la norme ISO 5168 (2005) intitulée «Mesure de débit des fluides — Procédures pour le calcul de l'incertitude».

b) On trouvera des recommandations détaillées concernant l'estimation de l'erreur limite sur les mesures de débit dans les Volumes I et II du *Manual on Stream Gauging* (WMO-No. 519).

La présente section décrit les calculs qu'il y aurait lieu d'effectuer, à partir d'une seule mesure du débit, pour arriver à une estimation statistique de l'intervalle à l'intérieur duquel on peut espérer que se trouve la valeur vraie du débit en vue d'appuyer les dispositions du *Règlement technique* énoncées sous [D.1.2.] 3.6.

VIII-2 Principes généraux

NOTE: Il est physiquement impossible d'effectuer le mesurage d'une grandeur sans erreurs. Toutefois, il est en général possible d'encadrer la grandeur mesurée par un «intervalle de confiance» à l'intérieur duquel on peut espérer que se trouve la valeur vraie de la grandeur mesurée, avec une probabilité appelée niveau de confiance. Il existe une relation étroite entre le niveau de confiance et l'intervalle de confiance, celui-ci étant d'autant plus grand que le niveau est plus élevé. Dans cette section, on utilisera le niveau de confiance de 95 %.

VIII-3 Nature des erreurs

VIII-3.1 Classification des erreurs

Il conviendrait de classer les erreurs en trois groupes, à savoir (voir figure ci-dessous):

a) Les mesures aberrantes;

b) Les erreurs fortuites;

c) Les erreurs systématiques.

VIII-3.1.1 *Mesures aberrantes*

Il conviendrait de rejeter les mesures aberrantes.

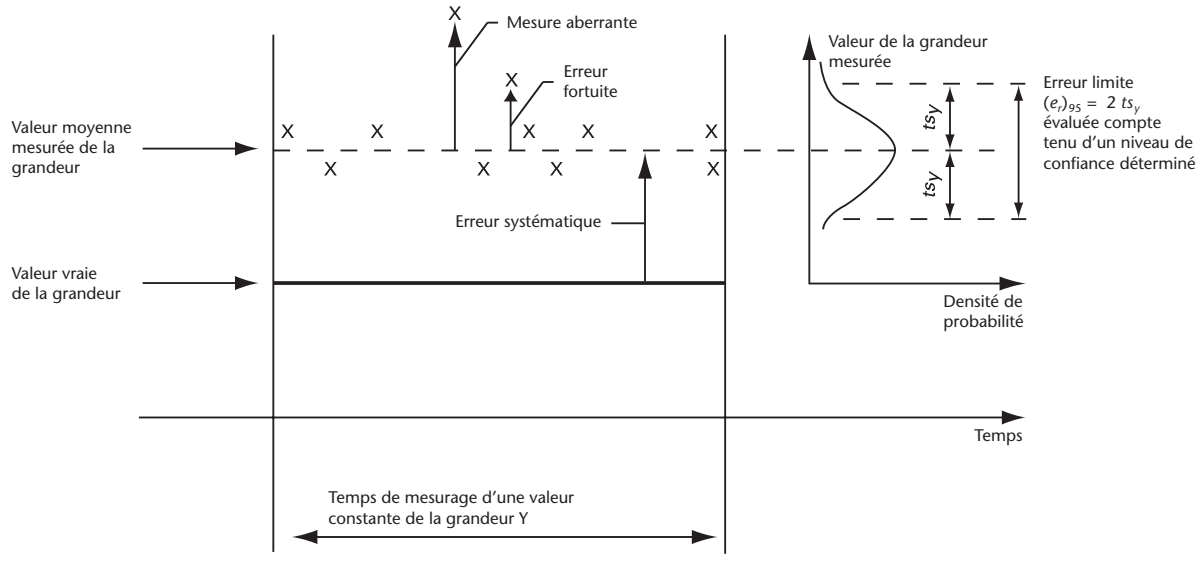
NOTE: Pour détecter les mesures aberrantes, on peut utiliser comme critère de rejet un test des valeurs aberrantes analogue à celui qui est décrit à l'annexe A de la norme ISO 5168.

VIII-3.1.2 *Erreurs fortuites*

L'erreur limite correspondant à l'erreur fortuite, au niveau de confiance de 95 %, devrait se calculer de la manière suivante:

a) 1,960 σY s'il y a un grand nombre de mesurages;

b) $t\sigma Y$ s'il y a un petit nombre de mesurages;


Mesure aberrante
Erreur fortuite
Valeur moyenne mesurée de la grandeur
Erreur systématique
Valeur vraie de la grandeur
Valeur de la grandeur mesurée
Erreur limite $(e_r)_{95} = 2\ ts_y$ évaluée compte tenu d'un niveau de confiance déterminé
ts_y
ts_y
Densité de probabilité
Temps
Temps de mesurage d'une valeur constante de la grandeur Y

σY est l'écart type vrai estimé d'après l'écart type s_y des mesurages de la variable *Y*; *t* étant une valeur de la loi du *t* de Student.

NOTES:

a) Les erreurs fortuites proviennent de causes nombreuses, de faible amplitude et indépendantes. Lorsqu'on mesure une certaine variable de manière répétée et dans les mêmes conditions, les résultats s'écartent de la moyenne selon les lois du hasard et l'on peut admettre que leur distribution est normale. Si l'échantillon est petit, on devrait remplacer la distribution normale par la loi du *t* de Student (les tables de la loi du *t* se trouvent dans la plupart des manuels de statistiques).

b) Il est possible de réduire l'erreur fortuite sur le résultat d'une mesure en répétant la mesure de la variable et en prenant la moyenne arithmétique des mesures effectuées, puisque l'écart type de la moyenne de *n* mesures indépendantes est $\sqrt{n}$ fois plus petit que l'écart type de chacune des mesures.

VIII-3.1.3 *Erreurs systématiques*

VIII-3.1.3.1 *Réduction de l'erreur limite dans les erreurs systématiques*

On devrait minimiser l'erreur limite qui correspond aux erreurs systématiques par l'une des méthodes suivantes:

a) En diversifiant le matériel et/ou les conditions de mesurage;

b) Par une critique subjective.

NOTE: Les erreurs systématiques sont les erreurs qu'il est impossible de réduire en augmentant le nombre des mesurages si l'on garde les mêmes matériels et les mêmes conditions de mesurage.

VIII-3.1.3.2 *Corrections des erreurs systématiques*

Si l'erreur systématique a une valeur unique connue, on devrait en corriger le résultat du mesurage et considérer que l'erreur limite de mesure due à cette source est nulle.

VIII-3.2 Valeurs numériques des erreurs limites

NOTE: On trouvera dans les sections 5.8 et 7.9 du Volume I du *Manual on Stream Gauging* (WMO-No. 519) les valeurs limites recommandées pour les erreurs élémentaires pour le calcul de l'erreur limite globale du mesurage du débit.

VIII-4 Combinaison des erreurs

Si une quantité *Q* est une fonction de plusieurs quantités mesurées *x, y, z,* l'erreur e_Q sur *Q* due aux erreurs e_x, e_y, e_z sur *x, y, z* respectivement devrait être calculée à l'aide de l'équation suivante:

$$\left(e_Q\right)^2 = \left(\frac{\partial Q}{\partial x} e_x\right)^2 + \left(\frac{\partial Q}{\partial y} e_y\right)^2 + \left(\frac{\partial Q}{\partial z} e_z\right)^2 + \frac{\partial Q}{\partial x} \cdot \frac{\partial Q}{\partial y} e_x \cdot e_y + \frac{\partial Q}{\partial x} \cdot \frac{\partial Q}{\partial z} e_x \cdot e_y + \ldots$$

Toutefois, les sommes des termes $\frac{\partial Q}{\partial x} \cdot \frac{\partial Q}{\partial y} e_x \cdot e_y$, etc. expriment des covariances et sont négligeables devant les termes au carré, puisqu'elles sont composées de quantités qui peuvent être aussi bien positives que négatives. Il est donc possible d'obtenir une valeur approchée de l'erreur e_Q à partir de l'équation simplifiée:

$$\left(e_Q\right)^2 = \left(\frac{\partial Q}{\partial x} e_x\right)^2 + \left(\frac{\partial Q}{\partial y} e_y\right)^2 + \left(\frac{\partial Q}{\partial z} e_z\right)^2$$

EXEMPLE: * Erreur limite dans le jaugeage par exploration du champ des vitesses.

€

La section en travers du cours d'eau utilisé pour le jaugeage est divisée en un certain nombre de segments par le tracé de *m* verticales. La largeur, la profondeur et la vitesse moyenne, reportées à la $i^{\text{ème}}$ verticale sont appelées respectivement b_i, d_i et $\bar{v}_i$. Le débit calculé est donné par l'équation suivante:

$$Q = F_m \sum_{i=1}^{m} \left(b_i \, d_i \, \bar{v}_i\right)$$

où le facteur F_m tend vers 1 lorsque le nombre de verticales *m* tend vers l'infini. Pour les calculs, on admet en fait que *m* est suffisamment grand pour que $F_m \approx 1$.

€

Erreur limite fortuite

Si l'on note $E_{Fm} = (e_{Fm})/F_m$ l'erreur limite relative due au nombre limité de verticales, $(E_{b_i})_r = (e_{b_i})_{r/b_i}$ l'erreur limite fortuite relative à b_i, etc., l'erreur limite fortuite totale sur la mesure du débit peut s'exprimer par l'équation suivante:

$$\left(E_Q\right)_r^2 \approx \left(e_{Fm}\right)^2 + \frac{1}{m}\left[\left(E_b\right)_r^2 + \left(E_d\right)_r^2 + \left(E_{\bar{v}}\right)_r^2\right]$$

On a posé comme hypothèses simplificatrices que les débits des segments b_i, d_i, $\bar{v}_i$ sont pratiquement égaux et que les erreurs limites $(E_{b_i})_r$, $(E_{d_i})_r$ et $(E_{\bar{v}_i})_r$ sont pratiquement égales pour toutes les valeurs de *i* et qu'elles sont égales à $(E_b)_r$, $(E_d)_r$ et $(E_{\bar{v}})_r$ respectivement. On peut encore décomposer le terme $(E_{\bar{v}})_r$ de la manière suivante:

$$\left(E_{\bar{v}}\right)_r^2 = \left(E_p\right)_r^2 + \left(E_c\right)_r^2 + \left(E_e\right)_r^2$$

où:

$(E_p)_r$ est le pourcentage d'erreur limite dû au nombre limité de points relevés sur la verticale;

$(E_c)_r$ est le pourcentage d'erreur limite dû à l'étalonnage du moulinet;

$(E_e)_r$ est le pourcentage d'erreur limite dû aux pulsations de l'écoulement.

Erreur limite systématique

L'équation de calcul de l'erreur limite systématique globale est la suivante:

$$\left(E_Q\right)_s^2 = \left(E_b\right)_s^2 + \left(E_d\right)_s^2 + \left(E_c\right)_s^2$$

* On trouvera un exemple numérique dans la norme ISO 5168, section II, pages 21 et 22.

où:

$(E_b)_s$ est le pourcentage d'erreur limite systématique sur la largeur de mesure de l'instrument;
$(E_d)_s$ est le pourcentage d'erreur limite systématique sur la profondeur de mesure de l'instrument;
$(E_c)_s$ est le pourcentage d'erreur limite systématique sur l'étalonnage du moulinet.

L'erreur limite globale pour une seule mesure du débit (combinaison des erreurs limites fortuites et systématiques) est alors exprimée par la relation:

$$E_Q = \left[\left(E_Q\right)_r^2 + \left(E_Q\right)_s^2 \right]^{1/2}$$

VIII-5 € Présentation des résultats de jaugeage

Toute mesure du débit devrait être présentée sous l'une des formes suivantes:

a) Erreurs limites exprimées en termes absolus

i) Débit Q = ...
Erreur limite fortuite $(e_r)_{95}$ = ...
Erreur limite systématique e_s = ...

ii) Débit Q = ...
Erreur limite globale $\sqrt{(e_r)_{95}^2 + e_s^2}$ = ...
Erreur limite fortuite $(e_r)_{95}$ = ...

b) Erreurs limites exprimées en pourcentage

i) Débit € Q = ...
Erreur limite fortuite $(E_r)_{95}$ = ...%
Erreur limite systématique E_s = ...%

ii) Débit Q = ...
Erreur limite globale $\sqrt{(E_r)_{95}^2 + E_s^2}$ = ...%
Erreur limite fortuite $(E_r)_{95}$ = ...%

IX – MESURE DE DÉBIT AU MOYEN DE CANAUX JAUGEURS

(*Voir* [D.1.2.] 3.1.6)

IX-1 Objet et domaine d'application

NOTES:

a) La présente section est fondée sur la norme ISO 4359 (1999) intitulée «Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Canaux jaugeurs à col rectangulaire, à col trapézoïdal et à col en U».

b) On trouvera des recommandations concernant la détermination du débit dans le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168), dans le *Manual on Stream Gauging* (WMO-No. 519) et dans le *Use of Weirs and Flumes in Stream Gauging* (WMO-No. 280).

La présente section spécifie les conditions à remplir pour réaliser une mesure du débit au moyen:

a) De canaux jaugeurs à col rectangulaire;

b) De canaux jaugeurs à col trapézoïdal;

en vue de mettre en application les dispositions du *Règlement technique* énoncées sous [D.1.2] 3.1 et 3.6. Les canaux jaugeurs à col en U, c'est-à-dire à fond arrondi, sont rarement utilisés et ne sont donc pas décrits dans la présente section.

IX-2 Choix du type de canal jaugeur

IX-2.1 Le type de canal jaugeur devrait être choisi en fonction de facteurs tels que la gamme des débits à mesurer, la précision requise, la charge disponible et le fait que l'écoulement charrie ou non des sédiments.

IX-2.2 Le canal jaugeur à col rectangulaire, éventuellement avec exhaussement du seuil, devrait être utilisé pour mesurer le débit dans les canaux où l'écoulement varie relativement peu.

IX-2.3 Le canal jaugeur à col trapézoïdal devrait être utilisé pour des débits ayant un grand intervalle de variation, lorsqu'on souhaite une précision constante et qu'on veut éviter la submersion de l'appareil.

IX-3 Choix de l'emplacement

Les principes directeurs concernant le choix de l'emplacement devraient être conformes aux spécifications des dispositions VI-3.2 en général et VI-4.16 en particulier, de la section VI de la présente annexe.

IX-4 Conditions d'installation

IX-4.1 L'installation complète de mesurage devrait comprendre un chenal d'approche, le canal jaugeur et un chenal aval.

IX-4.2 La longueur du chenal d'approche devrait être égale au moins à cinq fois la largeur du cours d'eau à son débit maximal.

IX-4.3 Si la largeur entre les parois verticales du chenal d'approche canalisé est inférieure à la largeur du chenal naturel, il faudrait aménager un rétrécissement progressif.

IX-4.4 Les conditions d'écoulement dans le chenal d'approche devraient satisfaire aux critères indiqués dans la section V de la présente annexe, sous V-3.1.

IX-5 Réalisation du canal jaugeur

IX-5.1 Le canal devrait constituer un ensemble rigide, étanche et capable de résister aux crues sans être endommagé par des débordements ou par l'érosion aval.

IX-5.2 L'axe du col devrait coïncider avec l'axe du chenal d'approche.

IX-5.3 L'écoulement au voisinage du canal jaugeur devrait être aussi peu turbulent que possible.

IX-5.4 Les dimensions et la profondeur du canal devraient être telles que celui-ci ne soit pas submergé et que le niveau de l'eau en aval n'affecte pas le débit.

IX-5.5 Le canal jaugeur devrait être fait d'un matériau lisse (béton, acier galvanisé ou autres matériaux non sujets à la corrosion).

IX-5.6 Si le lit du cours d'eau en aval est sujet à l'érosion, il devrait être bétonné afin d'éviter des affouillements excessifs et l'accumulation de matériaux de fond, qui pourrait provoquer un exhaussement du niveau de l'eau suffisant pour noyer l'ouvrage.

IX-6 Entretien

L'ouvrage devrait être entretenu comme indiqué dans la section V de la présente annexe, sous V-5.

IX-7 Mesure de la hauteur de charge

IX-7.1 La charge devrait être mesurée à l'aide d'un appareil approprié de mesure du niveau; ces appareils sont décrits dans la section II de la présente annexe.

IX-7.2 La section de mesure de la charge devrait être située à une distance comprise entre trois et quatre fois la hauteur de charge maximale en amont du bord d'attaque de la section de transition à l'entrée.

IX-8 Canal jaugeur à col rectangulaire

Il existe trois types de canaux jaugeurs à col rectangulaire:

a) À contraction latérale uniquement;

b) À contraction verticale (dénivellation) uniquement;

c) À contraction latérale et verticale combinée.

Le type à utiliser est fonction des conditions aval aux divers débits, du débit maximal, de la perte de charge admissible, des valeurs extrêmes du rapport entre la hauteur de charge et la largeur du col et du fait que le cours d'eau charrie ou non des sédiments.

IX-8.1 Il faudrait respecter les limites d'application suivantes:

a) La limite inférieure de la hauteur de charge ne devrait pas être inférieure à la plus grande des deux valeurs suivantes: 0,05 m ou 5 % de la longueur du col;

b) La limite supérieure du rapport entre l'aire de la section au col et l'aire de la section du chenal d'approche ne devrait pas dépasser 0,7;

c) La largeur du col ne devrait pas être inférieure à 0,10 m;

d) Le rapport entre la hauteur de charge et la largeur du col ne devrait pas être supérieur à 3;

e) La hauteur de charge ne devrait pas être supérieure à 2 m;

f) Le rapport entre la hauteur de charge et la longueur du col ne devrait pas excéder 0,50; pour la hauteur de charge maximale, on pourrait admettre que la valeur de ce rapport atteigne 0,67, ceci entraînant une erreur supplémentaire maximale de 2 %;

g) Pour assurer un écoulement libre, les dimensions du canal jaugeur devraient être telles que la hauteur de charge totale à l'amont soit au moins égale à 1,25 fois la hauteur de charge totale à l'aval pour tous les débits.

IX-8.2 Établissement de la relation hauteur–débit

IX-8.2.1 Pour établir la relation hauteur–débit d'un canal jaugeur donné, il faudrait examiner une série de valeurs concernant la hauteur de l'eau (hauteur de charge) et calculer le débit correspondant à l'aide de l'équation suivante:

$$Q = (2/3)^{3/2} (g)^{1/2} C_v C_d b h^{3/2}$$

où:

C_v est un coefficient tenant compte de l'influence de la vitesse d'approche sur la hauteur de charge mesurée en amont du col;

C_d est un coefficient tenant compte de l'effet de couche limite sur les valeurs mesurées de b et de h, notamment de l'effet des pertes de charge (coefficient de débit);

b est la largeur du col du canal jaugeur;

h est la hauteur de charge mesurée par le limnimètre du canal jaugeur.

On peut obtenir les coefficents C_v et C_d au moyen des tableaux et diagrammes prêts à l'emploi qui figurent dans le *Manual on Stream Gauging* (OMM-No. 519).

IX-8.2.2 Il faudrait toujours vérifier cette équation avec quelques mesures directes obtenues par d'autres moyens (par exemple un moulinet). Si les valeurs du débit obtenues par l'équation s'écartent des valeurs correspondantes mesurées, il faudrait ajuster en conséquence les coefficients de l'équation. L'écart acceptable peut être estimé de la façon indiquée dans la section VIII de la présente annexe, sous VIII-3.

IX-9 Canaux jaugeurs à col trapézoïdal

NOTE: Les canaux jaugeurs à col trapézoïdal peuvent s'adapter à de nombreuses conditions d'écoulement et la forme géométrique optimale de leur col (c'est-à-dire largeur du lit et inclinaison des parois) dépend de la gamme des débits à mesurer et des caractéristiques du cours ou du chenal dans lequel ils sont installés.

IX-9.1 Il faudrait respecter les limites d'application suivantes:

a) La limite inférieure de la hauteur de charge ne devrait pas être inférieure à la plus grande des deux valeurs suivantes: 0,05 m ou 5 % de la longueur du col;

b) Le rapport de la section du chenal d'approche à celle du col devrait être tel que le nombre de Froude, Fr, dans le chenal d'approche ne dépasse pas 0,5 quel que soit le débit; dans certains cas (par exemple lorsque des sédiments grossiers peuvent se déposer dans le chenal d'approche), Fr pourrait s'élever à 0,6 et il en résulterait une erreur limite supplémentaire de 2 % pour $5 < Fr < 6$;

c) La largeur du lit du col ne devrait pas être inférieure à 0,10 m;

d) La hauteur de charge ne devrait pas être supérieure à 2 m;

e) À tous les niveaux, l'écartement des parois du col devrait être inférieur à l'écartement des parois du chenal d'approche au niveau correspondant;

f) Le rapport entre la hauteur de charge et la longueur du col ne devrait pas excéder 0,50; pour la hauteur de charge maximale, ce rapport pourrait atteindre 0,67, en admettant une erreur supplémentaire maximale de 2 %;

g) Pour assurer un écoulement modulaire (libre) pour diverses valeurs d'évasement du col, les dimensions du canal jaugeur devraient être telles que le rapport entre la hauteur de charge totale à l'amont et la hauteur de charge totale à l'aval soit supérieur ou égal aux valeurs suivantes:
   i) 1,10 pour 1:20 de chaque côté;
   ii) 1,20 pour 1:10 de chaque côté;
   iii) 1,25 pour 1:6 de chaque côté;
   iv) 1,35 pour 1:3 de chaque côté.

IX-9.2 Établissement de la relation hauteur–débit

NOTE: L'équation du débit pour un canal jaugeur à col trapézoïdal est de la forme:

$$Q = (2/3)^{3/2} (g)^{1/2} C_v C_s C_d b h^{3/2}$$

où:

C_v est un coefficient tenant compte de l'influence de la vitesse d'approche sur la hauteur de charge mesurée en amont du col;

C_s est un coefficient tenant compte de la non rectangularité de la section d'écoulement;

C_d est un coefficient tenant compte de l'effet de couche limite sur les valeurs mesurées de *b* et de *h*, notamment de l'effet des pertes de charge (coefficient de débit);

b est la largeur du lit du col;

h est la hauteur de charge mesurée par le limnimètre du canal jaugeur.

L'application directe de cette équation n'est pas recommandée, la charge effectivement mesurée n'étant pas la charge totale; il est préférable de procéder à un étalonnage direct pour un certain nombre de débits, afin d'ajuster expérimentalement les coefficents.

IX-10 Erreur limite des mesures

Il faudrait estimer l'erreur limite globale de la façon décrite dans la section VIII de la présente annexe, en tenant compte:

a) Du respect des normes de construction et de l'état de finition de la surface du canal jaugeur;

b) De l'erreur limite (maximale) sur le coefficient de débit;

c) De l'erreur limite sur le coefficent de vitesse d'approche;

d) De l'application correcte des règles d'installation;

e) De l'erreur limite des mesures géométriques sur le canal jaugeur;

f) De l’erreur limite de la mesure de la hauteur de charge.

X – MÉTHODES DE DILUTION POUR LE MESURAGE DU DÉBIT

(*Voir* [D.1.2.] 3.1.7)

X-1 Objet et domaine d'application

NOTES:

a) La présente section est fondée sur la norme ISO 9555-1 (1994) intitulée «Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Méthodes de dilution en régime permanent utilisant des traceurs — Partie 1: Généralités», de la norme ISO 9555-2 (1992) intitulée «Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Méthodes de dilution en régime permanent utilisant des traceurs — Partie 2: Traceurs radioactifs», de la norme ISO 9555-3 (1992) intitulée «Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Méthodes de dilution en régime permanent utilisant des traceurs — Partie 3: Traceurs chimiques» et de la norme ISO 9555-4 (1992) intitulée «Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Méthodes de dilution en régime permanent utilisant des traceurs — Partie 4: Traceurs fluorescents».

b) On trouvera des recommandations détaillées concernant les méthodes de dilution dans le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168).

La présente section spécifie les conditions d'utilisation des méthodes de dilution pour le mesurage du débit dans les canaux découverts, en vue de mettre en application les dispositions du *Règlement technique* énoncées sous [D.1.2] 3.1 et 3.6.

X-2 Principe de la méthode

NOTES:

a) Un traceur liquide est injecté dans un cours d'eau et on prélève un échantillon ou plusieurs échantillons d'eau en aval, en un point tel que le mélange soit homogène dans toute la section transversale. La mesure du taux de dilution du traceur permet de mesurer le débit.

b) Cette méthode convient en particulier pour mesurer les débits dans des cours d'eau turbulents, où il est impossible d'appliquer d'autres méthodes.

À la section d'échantillonnage du cours d'eau, le mélange traceur/eau doit être absolument complet et homogène.

X-3 Caractéristiques du traceur injecté

NOTE: Le traceur peut être un colorant chimique ou fluorescent ou un isotope radioactif; il peut être injecté progressivement (méthode d'injection à débit constant) ou brusquement (méthode par intégration, injection en une fois ou en plusieurs fois).

X-3.1 Le traceur devrait satisfaire aux conditions suivantes:

a) Se dissoudre facilement dans l'eau aux températures ordinaires;

b) Ne donner aucune réaction ni avec l'eau, ni avec tout produit transporté en solution ou en suspension, ni avec les matériaux constituant le chenal, ni avec les systèmes de prélèvement et les récipients utilisés pour l'analyse des échantillons;

c) N'exister dans le cours d'eau qu'à des concentrations de base connues, relativement faibles, et de préférence stables dans le temps;

d) Ne pas être retenu par des sédiments, plantes ou organismes, par les matériaux constituant le lit du cours d'eau ou par les récipients ou les systèmes de prélèvement utilisés;

e) Être stable dans les limites de variation des conditions de l'environnement, par exemple, rayonnement solaire ou pH dans le bief de mesurage;

f) Ne pas avoir d'effets nuisibles sur la vie humaine ou aquatique aux concentrations utilisées;

g) Pouvoir être mesuré avec précision, à des concentrations compatibles avec la précision souhaitée et avec la quantité de traceur qu'il est pratique d'injecter;

h) Être peu coûteux.

X-3.2 Les traceurs radioactifs doivent être manipulés et utilisés conformément aux règlements ou lois de sécurité édictés dans le pays concerné.

NOTE: On trouvera des recommandations détaillées sur cette question dans le *Guide to safe handling of radioisotopes in hydrology*, Safety Series No. 20, AIEA.

X-4 Bief de mesurage

X-4.1 Le bief de mesurage devrait être aussi resserré et aussi turbulent que possible, sans zone d'eau morte et avec de nombreux courants transversaux. Il faudrait éviter les biefs où la végétation aquatique est abondante et où le cours d'eau se divise en plusieurs chenaux.

X-4.2 La longueur du bief de mesurage devrait être aussi courte que possible mais suffisante pour que le traceur soit uniformément dilué à la section d'échantillonnage.

NOTES:

a) Pour déterminer la longueur du bief de mesurage et savoir si ses caractéristiques sont appropriées, un premier essai peut être effectué en injectant une solution concentrée d'un colorant énergique comme la fluorescéine à la section d'injection envisagée. Un examen visuel de la diffusion du colorant montrera s'il y a des zones d'eau morte et indiquera quelle devrait être la distance minimale entre les sections d'injection et de prélèvement.

b) La longueur de bon mélange dépendant du débit, une longueur suffisante pour un écoulement modéré peut être insuffisante à des débits plus faibles ou plus élevés.

X-4.3 Il ne devrait pas y avoir de gain ou de perte de liquide dans le bief de mesurage.

NOTES:

a) Des mesures peuvent être faites quand il y a une arrivée d'eau (affluents ou sources) dans le bief de mesurage, à condition que le mélange soit complet à la section de prélèvement. Le débit mesuré comprend alors les apports d'eau.

b) Des mesures peuvent être faites quand il y a une perte dans le bief de mesurage, à condition que le mélange soit complet avant la perte. Le débit mesuré est alors le débit en amont de la fuite et non dans la section de prélèvement.

X-5 Prélèvement

NOTE: L'échantillonnage et le dosage d'un traceur à la section de mesurage peuvent être faits en analysant des prélèvements discontinus au laboratoire ou *in situ*, avec des sondes de détection: conductivimètres ou électrodes spécifiques pour les traceurs chimiques, fluorimètres pour les traceurs colorimétriques et détecteurs à scintillation pour les traceurs radioactifs.

X-5.1 Injection à débit constant

X-5.1.1 La solution de traceur devrait être préparée dans un réservoir distinct, avec de l'eau prise dans le cours d'eau à mesurer, et devrait être aussi homogène que possible.

X-5.1.2 Cette solution devrait être injectée à débit constant connu.

X-5.1.3 Le réglage du débit d'injection devrait être fait avec une précision compatible avec la précision globale recherchée sur la mesure du débit.

X-5.1.4 La durée d'injection devrait être telle qu'un régime permanent de concentration s'établisse dans la section de mesurage pendant une durée suffisante, généralement 10 à 15 minutes.

NOTE: La durée requise varie généralement en raison directe de la longueur du bief et de l'étendue des zones d'eau morte et en raison inverse de la vitesse moyenne de l'eau.

X-5.1.5 Les échantillons devant servir à déterminer les concentrations en traceur devraient être prélevés:

a) En amont du point d'injection;

b) Sur la solution de traceur à injecter;

c) Dans la section de mesurage avant l'injection et quand la concentration a atteint une valeur permanente, par enregistrement continu ou par prélèvements discontinus.

X-5.2 Méthode par intégration

X-5.2.1 Il faudrait diluer la quantité appropriée de la solution concentrée de traceur dans le vase d'injection avec de l'eau prise dans le cours d'eau et connaître le volume exact de la solution.

X-5.2.2 L'injection devrait être effectuée en versant le contenu du vase dans le chenal à l'entrée du bief de mesurage puis en rinçant rapidement le vase avec l'eau du cours d'eau et en jetant les eaux de rinçage dans le chenal.

X-5.2.3 Des échantillons devraient être prélevés:

a) En amont de la section d'injection avant et après l'injection;

b) Sur la solution à injecter;

c) Dans la section de mesurage avant, pendant et après le passage du traceur, par enregistrement continu ou par prélèvements discontinus.

XI – MESURES DE LA PROFONDEUR DE L'EAU – ÉCHO-SONDEURS

(*Voir* [D.1.2.] 3.1.3)

XI-1 Objet et domaine d'application

NOTE: La présente section est fondée sur la norme ISO 4366 (1979) intitulée «Mesure de la profondeur de l'eau — Sondeurs à écho».

La présente section donne des renseignements sur le principe de fonctionnement, les critères de choix, les performances et l'utilisation d'écho-sondeurs pour la mesure de la profondeur de l'eau, en vue de mettre en application les dispositions du *Règlement technique* énoncées sous [D.1.2] 3.1.

XI-2 Principe

NOTE: Un écho-sondeur indique la profondeur de l'eau en mesurant l'intervalle de temps séparant la transmission d'une impulsion acoustique et la réception de l'écho produit par la paroi du lit du cours d'eau. La profondeur est donnée par l'équation:

$$d = \frac{tc}{2}$$

où:

d est la distance entre le transducteur et le lit;

t est le temps de transmission de l'énergie acoustique;

c est la vitesse du son dans l'eau.

Les écho-sondeurs non enregistreurs indiquent la profondeur au moyen d'un clignotant qui s'allume derrière une échelle de profondeur; les écho-sondeurs analogiques tracent une marque continue du lit du cours d'eau sur un graphique et, dans les écho-sondeurs numériques, la profondeur apparaît sur un affichage instantanément.

XI-3 Critères de choix

XI-3.1 Il faudrait choisir un écho-sondeur ayant une fréquence de fonctionnement de 200 kHz ou davantage, parce qu'il permet un meilleur repérage des variations brusques du fond du cours d'eau et que son faisceau se réfléchit sur les fonds non tassés au lieu d'y pénétrer.

IX-3.2 Le faisceau émis par le sondeur devrait être étroit (largeur inférieure à 10°) pour pouvoir détecter les changements brusques ou les pentes en escaliers du lit du cours d'eau; cela permet aussi de ne pas consommer trop d'énergie électrique.

IX-3.3 Pour le choix d'un écho-sondeur, l'utilisateur devrait aussi tenir compte des éléments suivants:

a) La gamme des profondeurs à mesurer;

b) La nature supposée du fond du cours d'eau;

c) Si possible, la nature et la concentration supposées des matières en suspension et autres, qui affectent la vitesse du son dans l'eau;

d) La précision souhaitée pour la détermination de la profondeur;

e) La profondeur minimale à laquelle le sondeur fonctionnera et la sensibilité de l'appareil;

f) La précision de l'instrument dans la détermination de la profondeur, compte tenu:
- i) De son installation conforme aux instructions qui devraient être suffisamment claires et accompagnées de figures;
- ii) Du mode opératoire;
- iii) De l'entretien courant;
- iv) Des conditions spéciales qui peuvent être requises par le milieu dans lequel l'appareil est opérationnel.

XI-3.4 Les écho-sondeurs devraient présenter les caractéristiques générales indiquées dans la section III de la présente annexe et être munis des dispositifs suivants:

a) Un réglage de sensibilité tenant compte des différentes conditions concernant les caractéristiques de l'eau et la profondeur à mesurer;

b) Un réglage permettant de corriger les variations de la vitesse du son dans l'eau;

c) S'il s'agit d'un écho-sondeur numérique, un affichage clair et lisible qui devrait être équipé d'un pare-soleil permettant la lecture des chiffres même par grand soleil;

d) Pour les écho-sondeurs analogiques (voir aussi la section XII de la présente annexe, sous XII-4.1):
- i) Enregistrement sur un diagramme assez large pour donner la lisibilité désirée;
- ii) Déroulement à deux vitesses au moins, de manière à faire l'enregistrement à la vitesse la mieux adaptée à l'utilisation envisagée;
- iii) Un indicateur du «zéro» ou du point initial de transmission du signal sur l'enregistreur;
- iv) Un marqueur permettant à l'opérateur de porter un repère de référence sur l'enregistrement.

XI-4 Étalonnage

XI-4.1 Il convient d'étalonner l'écho-sondeur *in situ*, pour effectuer des mesurages précis.

XI-4.2 Pour pouvoir faire des mesures précises de profondeur, le sondeur doit être étalonné au moins une fois par jour, et plus fréquemment si l'on soupçonne des variations de la masse volumique ou de l'élasticité de l'eau.

NOTE: La méthode normale d'étalonnage consiste à régler l'écho-sondeur sur une profondeur connue. Pour cela, on suspend une plaque métallique, à des chaînes ou à un câble, à une profondeur connue en dessous du transducteur, en s'assurant que la face plane de la plaque est perpendiculaire au faisceau émis.

XI-5 Précautions

Les écho-sondeurs devraient être utilisés avec précaution lorsque la concentration en matières en supension est forte car on ne peut pas être sûr que le signal de retour provient du lit. Il en est de même si l'eau contient une forte proportion de bulles d'air, comme c'est le cas en aval des canaux à forte pente, des évacuateurs ou des centrales hydroélectriques.

XII – MESURE DE DÉBIT PAR LA MÉTHODE DU CANOT MOBILE

(*Voir* [D.1.2.] 3.1.8)

XII-1 Objet et domaine d'application

NOTES:

a) La présente section est fondée sur la norme ISO 4369 (1979) intitulée «Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts — Méthode du canot mobile».

b) On trouvera des explications et des recommandations détaillées concernant la réalisation de mesures et le calcul du débit par la méthode du canot mobile dans le *Guide des pratiques hydrologiques* (OMM-N° 168) et dans le *Manual on Stream Gauging* (WMO-No. 519).

XII-2 Généralités

NOTES:

a) La méthode du canot mobile est une méthode de jaugeage par exploration du champ des vitesses. On traverse le cours d'eau en suivant une trajectoire prédéterminée normale à l'écoulement; pendant la traversée les données suivantes sont recueillies:
   i) Un écho-sondeur enregistre le profil de la section transversale (voir la section XI de la présente annexe);
   ii) Un moulinet relève en continu la résultante de la vitesse de l'eau et de celle du bateau;
   iii) À intervalles, on mesure l'inclinaison du moulinet sur la trajectoire du bateau;
   iv) À la place de la mesure décrite à l'alinéa iii), on peut mesurer à intervalles la distance du canot à un point fixe de la rive tout en mesurant le temps.

b) Dans la mesure du possible, tous les paramètres requis sont enregistrés automatiquement et simultanément.

c) Il existe deux méthodes pour déterminer la vitesse du cours d'eau. La méthode 1 utilise les données obtenues de la façon décrite aux alinéas ii) et iii) et la méthode 2, les données obtenues de la façon décrite aux alinéas ii) et iv). Dans la pratique, les deux méthodes sont souvent combinées.

XII-3 Mesure

XII-3.1 Pour compenser les écarts minimes de sens d'écoulement ou les écarts entre trajectoire du canot et section transversale, il faudrait effectuer un nombre égal de mesures dans chaque sens.

XII-3.2 La méthode ne devrait normalement être utilisée que pour des cours d'eau larges, c'est-à-dire de plus de 300 m de largeur, et avec au moins 2 m de profondeur.

XII-3.3 Si tous les paramètres requis ne sont pas enregistrés automatiquement et simultanément, les mesures devraient être faites en 30 à 40 points de la section transversale pour chaque traversée, selon la largeur de la rivière, mais ce nombre ne devrait jamais être inférieur à 25.

XII-3.4 La vitesse minimale du canot devrait être du même ordre que la vitesse du courant.

XII-3.5 Le cours d'eau ne devrait pas présenter de courants en profondeur, comme c'est le cas dans les chenaux à marée.

XII-4 Matériel

NOTE: L'instrumentation spécialisée suivante est nécessaire pour la méthode du canot mobile:

a) Écho-sondeur (analogique) à diagramme enregistreur;

b) Moulinet à hélice à comptage par tour;

c) Indicateur de vitesse avec compteur et unité d'affichage;

d) Dérive et indicateur d'angle;

e) Télémètre optique ou électronique;

f) Canot avec moteur hors-bord.

XII-4.1 L'écho-sondeur devrait être portatif, de haute qualité et avoir une résolution d'au moins 0,10 m avec une précision de 1 % entre ses limites d'utilisation. Il devrait être conforme aux spécifications données dans la section XI de la présente annexe.

XII-4.2 Le moulinet devrait être équipé d'une hélice. Il devrait être conçu pour s'adapter au bord d'attaque de la dérive ou être suspendu à un câble attaché au canot.

NOTE: Pour la méthode 2, il n'est pas nécessaire de connaître l'angle entre la section transversale et l'axe du moulinet. Par conséquent, le moulinet peut être suspendu à un câble attaché au canot. Le matériel de suspension devrait être conforme aux spécifications données dans la section III de la présente annexe.

XII-4.3 Le nombre de tours d'hélice devrait être affiché sur un compteur ou converti en mesure de vitesse. Le compteur devrait permettre un préréglage du nombre d'impulsions. Un signal audible devrait se déclencher lorsque ce nombre est atteint et le diagramme de l'écho-sondeur devrait s'imprimer automatiquement. Le compteur devrait se remettre automatiquement à zéro avant de répéter la mesure.

XII-4.4 Une dérive plate actionnant un indicateur d'angles devrait être immergée à la proue du canot. L'angle entre la direction de la dérive et la route du canot

(c'est-à-dire la section en travers) devrait être indiqué sur un cadran gradué en degrés, de 0 à 90°, des deux côtés de l'index. La dérive et le moulinet devraient être montés à une profondeur de 0,9 à 1,2 m sous la surface de l'eau, selon la profondeur de la rivière.

XII-4.5 La distance entre chaque verticale de mesure et un point fixe de la rive devrait être mesurée par un télémètre optique ou électronique. Le télémètre devrait être relié au sondeur par un relais de telle manière que chaque point de mesure entraîne automatiquement ou à la main, le marquage d'un trait repère sur le diagramme de sondage.

XII-4.6 Le canot et le moteur hors-bord devraient être adaptés l'un à l'autre. Le canot devrait être stable et de manœuvre facile et adapté aux caractéristiques du cours d'eau.

XII-5 Site de mesure

XII-5.1 Les critères du choix du site de mesure devraient être conformes aux spécifications pertinentes énoncées dans la section VI de la présente annexe, sous VI-3.2.

XII-5.2 Il faudrait choisir une trajectoire du canot qui soit autant que possible perpendiculaire à la direction de l'écoulement. Il faudrait ensuite placer sur chaque rive, dans l'alignement de cette trajectoire, deux repères de zones clairement visibles.

NOTE: L'écartement des repères est fonction de la longueur de la traversée. Des espacements de 30 m environ sont nécessaires pour une longueur de trajectoire de 300 m.

XII-5.3 Il faudrait marquer le début et la fin des traversées par des flotteurs balisant la trajectoire choisie, ancrés dans le cours d'eau de 12 à 15 m de chaque rive.

XII-6 L'équipage

Il faudrait de 2 à 3 membres d'équipage expérimentés, selon le type du matériel d'enregistrement automatique, pour procéder à une mesure du débit à partir d'un canot mobile. On utilise habituellement un pilote pour le canot, un observateur d'angle ou un observateur relevant les distances et un chef de brigade chargé également de la tenue du carnet de jaugeage.

XII-7 Calcul du débit

XII-7.1 Le débit devrait être calculé de la façon indiquée dans le *Manual on Stream Gauging* (WMO-No. 519).

XII-7.2 La valeur du rapport u/Vm de la vitesse moyenne dans la section à la vitesse moyenne calculée par la méthode de mesure devrait être calculée à partir de résultats obtenus pour quelques verticales complètes réparties dans la section.

XIII – SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DES EAUX

(*Voir* [D.1.5.] 5.1)

XIII-1 Objectifs de la surveillance

XIII-1.1 Un programme de surveillance de la qualité des eaux devrait définir clairement ses objectifs.

XIII-1.2 Les objectifs devraient être établis en fonction de la législation et/ou des directives existantes, des priorités sur les plans national et régional ou en matière d'organisation, et d'une évaluation raisonnable des ressources disponibles (humaines, financières et matérielles).

XIII-1.3 Les objectifs devraient, dans la mesure du possible, consister en un produit déterminé: rapport interprétant des résultats, normes de qualité de l'eau ou mesures de lutte contre la pollution.

XIII-1.4 Les objectifs devraient préciser des limites dans le temps. Ils peuvent être à long terme ou à court terme. Pour atteindre les objectifs à long terme on constitue généralement un réseau qui permet de recueillir des échantillons à intervalles réguliers, par exemple une fois par mois, une fois tous les deux mois ou une fois par saison, sur une longue période d'au moins 10 ans. Pour les objectifs à court terme, on procède généralement à des études spéciales poussées qui se caractérisent par de fréquents prélèvements d'échantillons sur de courtes périodes.

XIII-1.5 Les objectifs à long terme peuvent être les suivants:

a) Améliorer la connaissance des conditions existantes de qualité de l'eau et la compréhension du milieu aquatique;

b) Déterminer les disponibilités en eau du point de vue de la quantité et de la qualité, c'est-à-dire procéder à une évaluation quantitative et qualitative des ressources en eau;

c) Fournir des informations sur les incidences passées, présentes et futures d'importantes activités naturelles et humaines sur le milieu aquatique, notamment en ce qui concerne des projets hydrauliques tels que barrages, dérivations, élargissements de cours d'eau, irrigation massive et saturation des formations aquifères ainsi que l'évolution dans les domaines agricole, industriel et urbain;

d) Surveiller les sources possibles de pollution, telles que les complexes industriels, les zones urbaines, les eaux fortement minéralisées et l'eau de mer, afin d'assurer la protection des approvisionnements en eau;

e) Évaluer l'efficacité des mesures de lutte contre la pollution;

f) Déterminer les tendances en matière de qualité de l'eau afin d'assurer un service d'alerte précoce.

XIII-1.6 Les objectifs à court terme peuvent être les suivants:

a) Déterminer les problèmes qui peuvent se présenter;

b) Déterminer les sources de polluants et la charge de pollution;

c) Déterminer dans quelle mesure règles et normes sont respectées;

d) Assurer une surveillance de la qualité des eaux qui dépasse le cadre local;

e) Mener des travaux de recherche en ce qui concerne les processus et les cheminements.

XIII-2 Conception du réseau

XIII-2.1 La conception du réseau devrait être fondée sur les objectifs de la surveillance. Il s'agit de:

a) Choisir les emplacements de prélèvement;

b) Choisir les paramètres physiques, chimiques et biologiques à mesurer *in situ*, sur le terrain et en laboratoire;

c) Choisir le milieu (eau, sédiment, biote, etc.) et le type d'échantillons (par exemple ponctuels, intégrés, composites) à prélever aux fins d'analyse;

d) Déterminer la fréquence des prélèvements d'échantillons;

e) Déterminer les méthodes de prélèvement, de conservation, de transport et d'analyse ainsi que de traitement des données;

f) Déterminer les protocoles d'assurance de qualité pour les activités sur le terrain et en laboratoire ainsi que pour le stockage et la restitution des données;

g) Déterminer les besoins en matière d'analyse des données et choisir les méthodes appropriées;

h) Déterminer les besoins en produits tels que rapports, fiches, modèles, et opérer des choix à cet égard.

XIII-2.2 Choix des emplacements de prélèvement

XIII-2.2.1 Le choix des emplacements de prélèvement d'échantillons devrait être fonction des objectifs fixés pour le programme de surveillance.

NOTES:

a) Si l'objectif du programme de surveillance est de surveiller la qualité des approvisionnements en eau potable, le prélèvement d'échantillons se fera alors essentiellement à proximité du point d'entrée des eaux usées dans les installations de traitement. Si l'objectif est de déterminer les incidences du transport atmosphérique de polluants sur de longues distances, les stations de surveillance se trouveront dans des régions éloignées des activités humaines. Si enfin l'objectif est de veiller au respect de certaines dispositions réglementaires ou législatives ou d'en surveiller l'application, il y aurait lieu alors de se conformer aux protocoles indiqués dans la législation.

b) Pour le choix des emplacements de prélèvement d'échantillons en vue de la surveillance du transport atmosphérique de polluants sur de longues distances, voir XIII-4.4 ci-après.

XIII-2.2.2 D'autres facteurs doivent être pris en considération pour l'établissement d'une station de surveillance de la qualité des eaux:

a) Accessibilité et sécurité de l'emplacement;

b) Possibilité de disposer d'autres mesures à la station, par exemple du débit du cours d'eau ou du volume et de la qualité des précipitations (en particulier pour l'étude des effets du transport atmosphérique de polluants sur de longues distances);

c) Degré de participation d'autres organismes si la coopération à cet égard est importante pour l'exécution du programme, par exemple si elle permet d'obtenir des échantillons ou des mesures qui ne peuvent l'être autrement ou de réduire les frais généraux;

d) Coût des prélèvements d'échantillons et coût et durée du transport des échantillons au laboratoire;

e) Disponibilité de données antérieures sur la qualité de l'eau;

f) Utilisation des terres;

g) Position des points d'entrée (sources ponctuelles et non ponctuelles) par rapport aux masses d'eaux étudiées.

XIII-2.3 Choix des paramètres de qualité de l'eau

XIII-2.3.1 Les paramètres de qualité de l'eau peuvent être classés comme suit selon leur nature:

a) Propriétés physiques, telles que température, couleur, turbidité et conductivité électrique;

b) Composants chimiques inorganiques, tels que:
- Gaz — O_2, NH_3;
- Ions importants Cl^-, SO_4^{2-}, HCO_{3-}, CO_3^{2-}, Na^+, Mg^{2+}, Ca^{2+};
- Nutriments — composés de N et P;
- Métaux à l'état de traces, par exemple Cd^{2+}, Pb^{2+}, Zn^{2+};
- Mesures générales, par exemple alcalinité, pH, matières totales dissoutes.

c) Substances organiques, telles que:
- Pesticides, herbicides;
- Hydrocarbures polyaromatiques (PAH);
- Polychlorobiphényles (PCB);
- Phénols, phénols chlorés;
- Composés organiques volatiles (VOC);

d) Composants biologiques, par exemple:
- Composés microbiologiques — coliformes;
- Plancton, chlorophylle, biomasse;
- Poissons.

XIII-2.3.2 Les paramètres fondamentaux de qualité de l'eau à surveiller sont énumérés dans le tableau ci-après. Les paramètres de qualité de l'eau à mesurer dans le cadre d'un programme de surveillance devraient être fonction des éléments suivants:

a) Objectifs du programme;

b) Coûts du prélèvement et de l'analyse des échantillons;

c) Ressources disponibles (fonds, main-d'œuvre, matériel et instruments sur le terrain, moyens de laboratoire, etc.);

d) Méthodes disponibles pour le prélèvement, la conservation et l'analyse des échantillons et pour l'assurance de la qualité;

e) Connaissances du moment relatives à la qualité des masses d'eau à l'étude, notamment à leur composition chimique ou aux relations entre variables;

f) Géochimie de la région à l'étude;

g) Utilisation des terres;

h) Production ou utilisation de produits chimiques dans la région;

i) Natures physique, chimique et biologique des matières qui pénètrent dans les masses d'eau.

XIII-2.4 Choix du milieu

XIII-2.4.1 Les objectifs du programme sont les principaux facteurs à prendre en considération pour décider dans quel milieu — eau, matières en suspension, sédiments ou biote — devraient être prélevés les échantillons dont on analysera les propriétés physiques, chimiques et biologiques.

NOTE: Si l'objectif du programme est de surveiller la qualité des approvisionnements en eau potable, il y aurait lieu alors d'effectuer des prélèvements sur la colonne d'eau. Si l'on cherche à déterminer quels produits chimiques sont présents dans un système aquatique donné, tous les milieux, c'est-à-dire l'eau, les matières en suspension, les sédiments et le biote, devraient faire l'objet de prélèvement d'échantillons, car la présence de certaines substances ne peut être décelée que dans certains milieux.

XIII-2.4.2 Avant de décider dans quel milieu le prélèvement sera effectué, il faudrait également se demander:

a) Quelles sont les méthodes et le matériel de prélèvement dont on peut disposer;

b) Quelles méthodes d'analyse conformes aux objectifs du programme sont applicables pour tel ou tel milieu.

XIII-2.5 Détermination de la fréquence des prélèvements

XIII-2.5.1 La fréquence des prélèvements dépend:

a) De l'objectif fixé pour le réseau (type de changement à détecter ou ampleur de ce changement, par exemple);

Paramètres de base*

	Cours d'eau	Lacs et réservoirs	Eaux souterraines
Température	X	X	X
pH	X	X	X
Conductivité électrique	X	X	X
Oxygène dissous	X	X	X
Nitrate	X	X	X
Nitrite	–	–	X
Ammoniaque	X	X	X
Calcium	X	X	X
Magnésium	X	X	X
Sodium	X	X	X
Potassium	X	X	X
Chlore	X	X	X
Sulfate	X	X	X
Alcalinité	X	X	X
DBO	X	X	–
Matières totales en suspension	X	X	–
Chlorophylle a	–	X	–
Transparence	–	X	–
Orthophosphate	X	X	–
Phosphore total (non filtré)	X	X	–

* Le présent tableau a été fait selon des données du *Guide pratique GEMS/Eau* du Système de surveillance continue de l'environnement (GEMS) (PNUE, OMS, UNESCO, OMM), 1978.

b) De la gamme des variables mesurées;

c) De la variabilité dans le temps des paramètres qui présentent de l'intérêt;

d) Des ressources disponibles pour le prélèvement, la conservation et le transport au laboratoire des échantillons, l'analyse de ces échantillons, le stockage et la restitution des données, l'assurance de qualité et l'interprétation des données.

NOTE: Si l'objectif est de déterminer avec un certain degré de certitude la valeur moyenne (annuelle, mensuelle, hebdomadaire, ...) d'un paramètre avec un écart type S et une erreur E, il faut, pour des raisons d'ordre statistique, que le nombre d'échantillons (par année, mois, semaine, ...) soit le suivant:

$$m \geq \frac{t_{/2} \cdot S^2}{E}$$

où $t_{/2}$ est la constante *t* de Student (voir également le *Manual on Water Quality Monitoring* (WMO-No. 680), section 2.4.

XIII-2.5.2 Pour déterminer la variabilité dans le temps des paramètres de qualité de l'eau, on peut:

a) Utiliser les données existantes sur la qualité de l'eau; ou

b) Appliquer un programme préliminaire (pilote) de prélèvement d'échantillons;

NOTES:

a) Pour assurer l'efficacité de la conception d'un réseau eu égard aux objectifs de l'étude, il est recommandé de mettre à l'épreuve et d'évaluer cette conception dans le cadre d'un programme pilote ou lors de la mise en service du réseau.

b) Les hypothèses au sujet de l'homogénéité, dans le temps et l'espace, d'un cours d'eau ou d'un lac devraient être vérifiées par prélèvement d'échantillons dans un plan transversal en certains emplacements représentatifs.

c) Des estimations de l'écart type et de l'erreur peuvent être effectuées dans le cadre de projets-pilotes, d'où la possibilité de mieux planifier les projets.

d) Les besoins en matière de données supplémentaires pour atteindre les objectifs des projets peuvent être déterminés dans le cadre de projets-pilotes.

XIII-3 Collecte d'échantillons d'eau de surface

XIII-3.1 Types d'échantillons

XIII-3.1.1 Échantillon ponctuel ou discret: échantillon prélevé en un emplacement choisi, à une profondeur et à un moment donnés.

XIII-3.1.2 Échantillon intégré de la colonne d'eau: échantillon prélevé sur une partie de la colonne d'eau ou sur toute la hauteur de cette colonne, en un emplacement et à un moment donnés.

XIII-3.1.3 Échantillon intégré: échantillon qui est obtenu par mélange de plusieurs échantillons ponctuels, de volumes égaux ou pondérés, dans une seule bouteille, et dont on analyse ensuite une fraction pour déterminer les constituants recherchés, ou qui résulte d'un prélèvement en continu. L'échantillon intégré fournit une estimation de la

qualité moyenne de l'eau sur l'ensemble de la période de prélèvement. Il existe deux types principaux d'échantillons intégrés:

a) Échantillons séquentiels intégrés dans le temps, obtenus comme suit:
- Par pompage continu et régulier de l'eau; ou
- Par mélange de volumes d'eau égaux prélevés à des intervalles de temps réguliers;

b) Échantillons séquentiels intégrés proportionnels au débit, obtenus comme suit:
- Par pompage continu proportionnellement au débit;
- Par mélange de volumes égaux d'eau prélevés à des intervalles de temps inversement proportionnels au débit; ou
- Par mélange de volumes d'eau proportionnels au débit prélevés pendant des périodes régulières.

XIII-3.1.4 Pour déterminer le type d'échantillon d'eau de surface à prélever, on tiendra compte des facteurs suivants:

a) Objectifs de l'étude, notamment paramètres à mesurer, ainsi que précision et exactitude requises;

b) Caractéristiques du milieu à l'étude, telles que débit, affluents, infiltration jusqu'aux eaux souterraines, homogénéité de la masse d'eau, conditions climatiques, apports anthropiques et organismes aquatiques présents;

c) Ressources disponibles (main-d'œuvre, équipement et matériel).

XIII-3.1.5 Le prélèvement d'échantillons ponctuels convient lorsqu'il s'agit de:

a) Déterminer la qualité de l'eau à un moment et à un emplacement donnés;

b) Fournir des informations au sujet de la plage approximative de concentrations;

c) Permettre le prélèvement de volumes variables;

d) Étudier un cours d'eau dont le débit n'est pas continu;

e) Détecter des changements de qualité de l'eau sur des périodes relativement courtes.

NOTES:

a) Dans le cas d'emplacements situés sur un tronçon homogène d'une rivière ou d'un autre cours d'eau, il peut suffire de prélever des échantillons intégrés de la colonne d'eau dans une seule section en travers. Lorsqu'il s'agit de petits cours d'eau, il suffira généralement de prélever un échantillon ponctuel au centroïde du débit.

b) Dans le cas d'emplacements situés sur un tronçon non homogène d'une rivière ou d'un autre cours d'eau, il faut procéder à des prélèvements en un certain nombre de points et à diverses profondeurs de la section en travers. Le nombre et le type d'échantillons prélevés seront fonction de la largeur, de la profondeur et du débit du cours d'eau, ainsi que de la quantité de matières en suspension et des organismes aquatiques présents. Généralement, plus le nombre de points de prélèvement sur la section en travers est élevé, plus l'échantillon intégré est représentatif. Dix verticales de prélèvement d'échantillons sont recommandées, mais parfois trois à cinq suffisent; les cours d'eau étroits et peu profonds en nécessitent moins. L'emplacement des verticales peut être déterminé par:
- La méthode de l'incrément de largeur égale — coupes verticales à travers le cours d'eau, à intervalles égaux; ou
- La méthode de l'incrément de débit égal — la section transversale est divisée en segments de débit égal. Cette dernière méthode nécessite une connaissance précise de la répartition de l'écoulement dans la section transversale.

XIII-3.2 Directives générales concernant le prélèvement des échantillons

XIII-3.2.1 Le responsable des prélèvements devrait bien connaître les méthodes à appliquer selon les différents emplacements de prélèvement et l'époque de l'année; il devrait tenir compte notamment des facteurs suivants:

a) Eau peu profonde et eau profonde;

b) Prélèvement à partir de bateaux, de ponts ou d'aéronefs, ou encore à partir de la rive ou des quais;

c) Conditions spéciales telles que inondation, couverture de neige ou de glace.

XIII-3.2.2 L'échantillon ne devrait pas contenir de grosses particules non homogènes telles que feuilles et détritus.

XIII-3.2.3 Sur un cours d'eau, les échantillons devraient être prélevés face à l'amont.

NOTE: Le responsable des prélèvements peut ainsi voir si des débris flottants se dirigent vers l'aval. Cela permet également d'éviter que les échantillons soient souillés par des huiles, des morceaux de peinture ou d'autres impuretés provenant de l'emplacement de prélèvement.

XIII-3.2.4 On devrait prélever une quantité suffisante d'eau, de sédiment ou de biote pour permettre des analyses de sous-échantillons et d'échantillons témoins, si nécessaire. Sauf indication contraire, la quantité requise est égale à la somme des quantités nécessaires pour l'analyse de chacun des paramètres considérés.

XIII-3.2.5 On devrait tenir à jour un dossier complet renseignant sur les conditions de prélèvement, notamment sur toutes les sources possibles d'interférence et sur les conditions atmosphériques, et donnant une description de toutes les observations particulières faites à l'emplacement de prélèvement.

XIII-3.3 Équipement de prélèvement sur le terrain

XIII-3.3.1 Des échantillons ponctuels d'eau devraient être prélevés à l'aide d'un appareil de prélèvement agréé.

NOTE: Exemples d'appareils de prélèvement:

a) Porte-bouteille, avec la bouteille qui convient;

b) Échantillonneur Van Dorn;

c) Échantillonneur Kemmerer;

d) Appareil de prélèvement du type pompe;

e) Appareil pour prélèvements multiples simultanés.

On peut se servir de bouteilles nettoyées au solvant que l'on ouvre juste au-dessous de la surface.

XIII-3.3.2 Pour le prélèvement d'échantillons intégrés de la colonne d'eau, la façon de procéder devrait être la suivante:

a) Remplir une bouteille à un débit constant tout en la déplaçant verticalement à vitesse constante de telle manière que l'opération soit juste terminée à la fin du mouvement vertical; ou

b) Immerger à la profondeur voulue un tube en plastique souple lesté à son extrémité inférieure, fermer l'extrémité supérieure, remonter le tube et faire passer le contenu dans un récipient à échantillon.

XIII-3.3.3 Pour les échantillons composites, on devrait procéder de la manière suivante:

a) Mélanger plusieurs échantillons ponctuels; ou

b) Pomper de l'eau pendant une certaine période.

XIII-3.3.4 Pour le prélèvement d'échantillons ponctuels ou composites à des moments ou des intervalles de temps fixés d'avance ou à un débit donné d'entrée dans la bouteille, on devrait utiliser des appareils automatiques.

XIII-3.4 Préparation des campagnes de prélèvements

Avant de se rendre sur le terrain, on devrait procéder à une préparation soigneuse. Il faudrait notamment:

a) Élaborer des instructions précises sur les méthodes de prélèvement;

b) Préparer un itinéraire selon le calendrier des prélèvements;

c) Établir des listes d'équipement et de matériel;

d) Veiller à ce que toutes les bouteilles d'échantillons aient été nettoyées conformément à des méthodes normalisées;

e) S'assurer que les réactifs chimiques et les solutions titrées ont été fournis par le laboratoire;

f) Préparer une liste de contrôle.

NOTES:

a) Le nombre et la taille des récipients nécessaires sont déterminés en fonction du nombre de paramètres à analyser, du volume des échantillons prescrit par le laboratoire et du nombre d'analyses à faire en double ou en triple pour répondre aux besoins en matière d'assurance de qualité.

b) Le type de récipients utilisés est fonction du paramètre à mesurer. Les récipients en polyéthylène sont les plus économiques. Les récipients en verre ou en téflon ou les récipients spéciaux sont utilisés pour des paramètres très sensibles tels que l'oxygène dissous ou l'eau interstitielle fortement réductrice.

c) Une liste de contrôle bien préparée permet d'assurer que rien n'a été oublié. Elle doit comprendre notamment les rubriques suivantes: contrôle et étalonnage des instruments; fourniture de récipients pour échantillons, de filtres et de glaciaires; fourniture de réactifs pour la conservation, les analyses sur le terrain et la normalisation; cartes, descriptions des stations, étiquettes pour récipients et fiches à remplir par les stations; manuels, outils, pièces de rechange; équipement de sécurité; trousse de premiers secours.

XIII-3.5 Paramètres mesurés sur le terrain

XIII-3.5.1 Les paramètres qui subissent des changements rapides devraient être mesurés sur le terrain. Il s'agit notamment de la température, de la couleur, de la transparence, de la turbidité, du pH, de l'oxygène dissous et de la conductivité, ainsi que, dans le cas des eaux souterraines, du potentiel d'oxydoréduction.

XIII-3.5.2 Comme les mesures sur le terrain nécessitent l'utilisation d'appareils de mesure électriques et l'exécution de titrage et de comparaisons optiques, le personnel sur le terrain devrait être formé de manière à pouvoir entretenir ces appareils et à les utiliser en se conformant strictement aux dispositions du *Manual on Water Quality Monitoring* (WMO-No. 680).

XIII-3.5.3 Il est indispensable de nettoyer soigneusement les récipients et les appareils, selon des méthodes propres à chaque type d'analyse, afin d'obtenir des résultats fiables et d'éviter toute souillure par des poussières, des impuretés, des fumées, des vapeurs, des doigts ou des graisses pendant le prélèvement et la manipulation des échantillons.

XIII-3.5.4 La valeur 0 ne devrait en aucun cas être enregistrée comme résultat d'une analyse; si la valeur obtenue est inférieure à la limite de détection correspondant à la méthode appliquée, on devrait indiquer «moins de [mentionner ici cette limite]».

XIII-3.6 Enregistrement des données obtenues sur le terrain

XIII-3.6.1 On devrait enregistrer avec précision l'emplacement auquel chaque échantillon a été prélevé et toutes les conditions particulières notées au moment du prélèvement.

XIII-3.6.2 Lorsqu'une station de prélèvement est établie, il faudrait en décrire l'emplacement de manière adequate.

NOTE: Il convient non seulement d'enregistrer ses coordonnées géographiques (latitude et longitude, référence de grille, coordonnées UTM (projection transverse de Mercator, etc.), mais encore de la situer sur une carte à grande échelle de la région, de donner une description détaillée de son emplacement et d'indiquer des distances mesurées à partir de repères voisins ainsi que des points de référence permanents. Dans la description ainsi enregistrée il devrait être fait état des conditions naturelles et artificielles qui peuvent avoir une incidence sur la qualité de l'eau.

XIII-3.6.3 Des numéros ou codes de stations devraient être attribués pour faciliter l'indication des emplacements des stations sur les étiquettes accompagnant les échantillons.

XIII-3.6.4 Il faudrait établir une fiche à remplir sur place qui rende compte notamment de l'emplacement des prélèvements, de la date, du moment, des mesures effectuées et de toutes les conditions en fonction desquelles l'interprétation des données peut être différente, qu'il s'agisse des conditions météorologiques, de la présence de poissons morts, de la croissance d'algues, de la débâcle ou du débit. Cette fiche doit également contenir des indications relatives aux méthodes d'analyse appliquées, à l'étalonnage des instruments sur le terrain, avec mention notamment de la marque et du numéro de modèle, à l'appareil utilisé et aux méthodes appliquées pour le prélèvement des échantillons, ainsi que des précisions sur le contrôle de la qualité.

XIII-4 Prélèvement et stockage des échantillons d'eau

XIII-4.1 Types d'échantillons

XIII-4.1.1 Les types d'échantillons pris en considération sous XIII-4 sont les suivants:

a) Échantillons d'eau de surface, pour analyses physio-chimiques (les méthodes de prélèvement sont indiquées sous XIII-3);

b) Échantillons pour analyses biologiques;

c) Échantillons de dépôt atmosphérique pour analyses chimiques;

d) Échantillons de matières en suspension ou de sédiments;

e) Échantillons d'eau souterraine.

XIII-4.2 Filtration sur le terrain et conservation

XIII-4.2.1 Pour pouvoir faire la distinction entre les concentrations de composants dissous dans l'eau et celles de composants présents dans des matières particulaires en suspension ou absorbés sur ces matières, on devrait filtrer sur le terrain les échantillons dont la turbidité est supérieure à trois. Il faudrait accorder une attention particulière à la filtration sur le terrain, afin d'éviter toute souillure de l'échantillon.

XIII-4.2.2 Le choix des récipients est très important eu égard à la préservation de l'intégrité des échantillons. Il y aurait lieu de prendre en considération les points suivants:

a) Absorption de matériaux du récipient par l'échantillon, par exemple de composés organiques présents dans les matières plastiques, ou d'ions sodiques ou autres provenant de verre;

b) Absorption de matières provenant de l'échantillon sur les parois du récipient, par exemple de métaux à l'état de traces, en particulier de composés radioactifs, par le verre, ou de substances organiques par le plastique;

c) Réaction directe de l'échantillon avec le récipient, par exemple du fluorure avec le verre;

d) Effets bactériostatiques des métaux et du caoutchouc.

XIII-4.2.3 Pour un certain nombre de paramètres, les échantillons devraient être protégés avant leur envoi au laboratoire, par l'adjonction d'agents chimiques (acidification, etc.), par réfrigération, par séquestration d'ions métalliques, par coloration de certains organismes et, dans certains cas, par congélation.

XIII-4.3 Échantillons biologiques

XIII-4.3.1 Les échantillons microbiologiques devraient être recueillis dans des bouteilles non toxiques stériles pour autoclave.

XIII-4.3.2 Il y aurait lieu de stocker à l'obscurité dans de la glace en fusion les échantillons qui ne peuvent être analysés immédiatement, afin de réduire au minimum la multiplication et la disparition des micro-organismes.

XIII-4.3.3 Les macrobiotes nécessitent, comme indiqué ci-après, des dispositifs spéciaux de prélèvement, selon le type d'organismes et selon qu'ils se trouvent dans la colonne d'eau ou dans les sédiments:

a) Poissons: pêche active à l'aide de seines, de chaluts ou de moyens électriques ou chimiques ou encore à la ligne, ou pêche passive avec filets ou pièges;

b) Macro-invertébrés: prélèvement à l'aide de filets, d'appareils de prélèvement multiplateaux ou d'appareils de type panier;

c) Plancton: prélèvement avec des appareils pour eau de surface ou avec des dispositifs de conception spéciale tels que piège Juday ou filets de nylon d'un type particulier;

d) Périphyton: prélèvement à l'aide de plaques ancrées ou flottantes;

e) Macrophytes: prélèvement avec des rateaux, des dragues, des couteaux tranchants fixés sur des perches ou des grappins, ou encore, dans certains cas, à l'aide d'appareils respiratoires autonomes de plongée;

f) Organismes vivant sur les fonds: voir XIII-4.5.

XIII-4.4 Échantillons de dépôt atmosphérique

XIII-4.4.1 Pour le choix de l'emplacement dans le cas du prélèvement d'échantillons pour la surveillance du transport atmosphérique de polluants sur de longues distances, il faudrait prendre en considération la direction et la distance du transport, qui sont régis, pour le court terme, par les conditions météorologiques, et pour le long terme, par le climat. Pour la surveillance à une large échelle, les emplacements devraient être situés à la campagne et éloignés, et aucune source permanente de pollution ne devrait se trouver à moins de 50 km dans la direction du vent dominant, et de 30 km dans toutes les autres directions.

XIII-4.4.2 Les critères locaux de choix de l'emplacement de prélèvement devraient être notamment les suivants:

a) Aucune source mobile de pollution, telle que celle qui correspond au trafic de véhicules, ne devrait se trouver à moins de 1 000 m de l'emplacement;

b) Aucune installation de stockage en surface de produits agricoles, de combustibles ou d'autres matières étrangères ne devrait se trouver à moins de 1 000 m de l'emplacement;

c) L'appareil de prélèvement devrait être installé sur un terrain plat, non accidenté, de préférence couvert d'herbe, et aucune source de pollution sur laquelle le vent peut exercer son action, telle que champ labouré, route non goudronnée ou source naturelle ou artificielle de turbulences et de courants turbulents, ne devrait se trouver à proximité;

d) Aucun objet tel qu'un arbre ou une structure de taille supérieure à celle de l'appareil de prélèvement ne devrait se trouver à moins de 5 m;

e) Aucun objet ne devrait se trouver à une distance de moins de 2,5 fois la différence entre la hauteur de l'objet et celle de l'appareil de prélèvement; l'on devrait faire particulièrement attention aux lignes aériennes alimentant en électricité les dispositifs de prélèvement automatiques;

f) Si l'alimentation en électricité est assurée par un générateur, l'orifice d'échappement devrait être situé sous le vent, aussi loin que possible du dispositif de prélèvement;

g) L'entrée du dispositif de prélèvement devrait être située à au moins 1 m au-dessus de la couverture du sol, afin que le risque d'entrée de matières grossières ou d'éclaboussures soit réduit au minimum.

XIII-4.4.3 Les types de dépôts atmosphériques qui devraient faire l'objet de prélèvements sont la pluie, la neige et les dépôts secs. Les dépôts secs devraient être recueillis entre les précipitations humides ou les précipitations solides telles que les chutes de pluie ou les tempêtes de neige.

XIII-4.4.4 On devrait utiliser des appareils de prélèvements automatiques à deux seaux.

NOTES:

a) Ces appareils prélèvent des dépôts secs dans un seau, alors que le second seau est couvert; ils sont munis d'un capteur qui détecte les précipitations et fait passer le couvercle du second au premier seau pendant celles-ci.

b) La chute de pluie minimale *r* (exprimée en mm) qui peut être analysée en tant que phénomène météorologique par un dispositif donné ayant une surface de prélèvement a (exprimée en m^2) peut être calculée selon la formule suivante:

$$r = \frac{d}{a \cdot c \cdot i}$$

où:

d est la limite de détection de l'instrument utilisé pour l'analyse exprimée en nanogrammes (ng);

c est la concentration prévue dans la chute de pluie, de glace ou de neige, exprimée en ng/l;

i est le facteur d'injection, c'est-à-dire la fraction de l'échantillon total injecté dans l'instrument aux fins d'analyse. Par exemple, si le volume total de l'échantillon après concentration est de 100 ml et que l'on injecte, disons, 20 ml dans l'appareil de chromatographie en phase gazeuse, *i* est alors égal à 20/100. Si l'échantillon est analysé selon la méthode de l'absorption atomique, par aspiration de la totalité des 100 ml, l'on a alors *i* = 1.

XIII-4.5 Prélèvement d'échantillons de sédiments

NOTES:

a) On trouvera des directives détaillées sur le prélèvement d'échantillons de sédiments dans le *Manual on Operational Methods for the Measurement of Sediment Transport* (WMO-No. 686).

b) Les sédiments peuvent être classés comme suit:

i) Matières en suspension — matières maintenues dans la colonne d'eau au-dessus du fond;

ii) Charge de fond — matériel presque constamment en contact avec le lit du cours d'eau, mais entraîné par le courant;

iii) Matière déposée — matière qu'une diminution de l'énergie de l'eau amène à se déposer; généralement fine sur le fond des lacs et plus hétérogène sur le lit des cours d'eau.

c) Lorsque les concentrations de matières en suspension sont élevées, les appareils pour prélèvements ponctuels ou prélèvements intégrés de la colonne d'eau peuvent convenir. Toutefois, pour obtenir un échantillon de 5 g, il faudra peut-être traiter des milliers de litres, ce qui nécessite des systèmes de pompage, de préférence avec centrifugation en continu pour éviter de laborieuses opérations de filtration.

Pour le prélèvement d'échantillons de sédiments de fond, on pourra se servir d'une benne du genre de l'échantillonneur Shipek ou d'une benne Birge-Ekman, mais le carottier à piston ou fonctionnant par gravité devrait être également utilisé lorsqu'il s'agit d'obtenir des échantillons moins perturbés. Si l'eau interstitielle est anoxique, il faudrait la conserver sous atmosphère inerte avant d'entreprendre quelque examen que ce soit.

XIII-4.6 Eau souterraine

XIII-4.6.1 En plus des informations concernant la station, qui sont mentionnées sous XIII-3.6, il y aurait lieu de donner les indications suivantes relatives au puits utilisé:

a) Aquifères où ont été effectués les prélèvements;

b) Profondeur et autres dimensions du puits, type du tubage, emplacement et nature des perforations dans le tubage;

c) Relevés mentionnant notamment l'altitude du terrain en surface;

d) Diagramme et photographie du puits, montrant l'accès à celui-ci et le point de mesure;

e) Nom local du puits et nom de son propriétaire;

f) Utilisation qui est faite du puits.

XIII-4.6.2 Le niveau d'eau devrait être mesuré à l'aide d'un mètre à ruban d'acier lesté dont l'extrémité a été frottée à la craie bleue de menuisier, ou d'un ruban dont la conductivité électrique permet de détecter le niveau d'eau, ou encore d'un tuyau à bulles d'air dont la pression requise pour provoquer les bulles est convertie en profondeur d'immersion, laquelle est soustraite ensuite de la longueur totale du tuyau. On peut utiliser des appareils d'enregistrement équipés de flotteurs, de dispositifs électriques et de manomètres pour surveiller les changements de niveau d'eau.

XIII-4.6.3 Les échantillons devraient être prélevés dans des puits de pompage ou dans des puits artésiens équipés de vannes d'arrêt. Dans les puits ouverts et lorsque des échantillons doivent être prélevés à certaines profondeurs, on devrait utiliser des appareils pour prélèvements ponctuels, d'un petit diamètre extérieur dans le cas de tubages étroits.

XIII-4.6.4 Pour le prélèvement d'échantillons d'eau du sol au-dessus de la surface phréatique, on devrait procéder en enfonçant dans le sol des tubes dont la partie proche du fond est poreuse ou en introduisant des godets en céramique poreuse reliés par des canalisations à vide.

XIII-4.7 Échantillons pour la mesure de la radioactivité

XIII-4.7.1 Il y aurait lieu de prendre des précautions pour éviter toute adsorption sur les parois du récipient ou sur les matières en suspension.

NOTE: Le polypropylène, le polyéthylène ou le téflon font partie des matières qui conviennent pour les récipients.

XIII-4.7.2 Pour maintenir les métaux en solution et pour réduire au minimum leur adsorption, on devrait ajouter de l'acide chlorhydrique ou de l'acide nitrique, à raison de 2 ml par litre d'échantillon.

XIII-4.8 Expédition des échantillons

Avant d'expédier les échantillons au laboratoire pour analyse, on devrait mettre sur chacun d'eux une étiquette donnant des informations détaillées sur la station qui a effectué le prélèvement, la date et le moment de celui-ci, les paramètres à analyser, les méthodes de conservation, le cas échéant, et l'identité de la personne qui a effectué le prélèvement, ainsi qu'une description facultative de toutes les conditions particulières ayant une incidence sur l'interprétation des données.

NOTE: Selon les règlements en vigueur sur le plan local, il faut pouvoir, pour tout échantillon susceptible de constituer un élément de preuve en cas de poursuites judiciaires, suivre son passage tout au long de la chaîne des personnes qui s'en sont occupées, depuis celle qui a effectué le prélèvement jusqu'à celle qui a procédé à l'analyse.

XIII-5 Assurance de qualité

XIII-5.1 Généralités

NOTES:

a) L'assurance de qualité suppose un contrôle de la qualité, c'est-à-dire un ensemble de directives et de procédures permettant de vérifier la qualité du produit, et une évaluation de la qualité, c'est-à-dire un ensemble de démarches permettant de garantir que le contrôle de la qualité est effectué de manière efficace.

b) Les méthodes d'analyse peuvent être classées comme suit:

i) Méthodes de base, pour l'établissement des données d'analyse concernant les matières étalons: elles exigent beaucoup d'attention et de temps ainsi qu'un degré élevé de compétence;

ii) Méthodes courantes, convenant pour l'utilisation quotidienne dans le cas de nombreux échantillons et permettant une précision et une exactitude satisfaisantes.

c) On peut vérifier l'exactitude des méthodes courantes en utilisant des échantillons de concentration connus, tels que des matières étalons, auxquels on ajoute, avant l'analyse, des quantités connues de certains «éléments enrichisseurs».

XIII-5.1.1 Le programme d'assurance de qualité contiendra des indications relatives aux protocoles à établir sur le terrain et en laboratoire.

NOTES:

a) La qualité des résultats des analyses se mesure à leur précision, c'est-à-dire à l'étroitesse de la concordance entre des mesures répétées, ainsi qu'à leur exactitude, c'est-à-dire au degré d'accord entre les données et les «valeurs réelles».

b) La précision rend compte de la variabilité de la méthode eu égard aux erreurs aléatoires, et elle est généralement indiquée en tant qu'écart type ou écart type relatif d'une série d'analyses répétées.

c) L'exactitude est généralement indiquée par l'erreur exprimée en pourcentage, c'est-à-dire par le quotient obtenu en multipliant par 100 la différence entre la valeur moyenne et la valeur réelle et en divisant le tout par la valeur réelle.

d) On peut déterminer l'exactitude d'une méthode en analysant des matières étalons ou, après avoir ajouté des quantités connues d'éléments enrichisseurs, en déterminant par analyse le pourcentage de récupération. L'on saura ainsi dans quelle mesure la méthode permet de récupérer des quantités connues de matière ajoutée à un échantillon.

XIII-5.1.2 Pour chaque méthode et pour chaque instrument du laboratoire, il y aurait lieu de déterminer les valeurs suivantes:

a) Limite de détection de l'instrument — concentration la plus faible de matière à analyser détectable par un instrument et statistiquement différente du bruit de fond de cet instrument;

b) Limite de détection de la méthode — concentration la plus faible qu'une méthode permet de détecter avec fiabilité et qui est statistiquement différente de la valeur obtenue pour un témoin, par exemple de l'eau distillée, traitée selon cette même méthode;

c) Limite de détection pratique — concentration la plus faible qu'une méthode permet de déceler avec précision dans une matrice-échantillon réelle et qui est statistiquement différente de ce que l'on obtient pour un témoin traité selon la même méthode dans la même matrice-échantillon;

d) Limite de quantification — valeur d'un nombre suffisant d'écarts types, généralement supérieure à la valeur moyenne du blanc, qui non seulement indique la présence de la matière à analyser, mais encore est utile pour déterminer la concentration.

NOTE: Les types suivants d'échantillons interviennent dans le processus de contrôle de la qualité:

a) Témoins d'appareils de prélèvement — échantillons constitués d'eau distillée ultra-pure que l'on fait passer à travers l'appareil de prélèvement et qui parcourt toutes les autres étapes sur le terrain et en laboratoire, notamment celles de la conservation puis du transport vers le laboratoire;

b) Blancs-témoins — échantillons préparés avec de l'eau ultrapure ou un solvant, que l'on met dans des récipients pris au hasard et que l'on fait passer par toutes les étapes du processus d'analyse afin de s'assurer qu'aucune souillure n'est introduite pendant l'étape de lavage de la bouteille;

c) Échantillons témoins — échantillons préparés comme les blancs-témoins mais auxquels on ajoute également les agents chimiques nécessaires pour leur conservation jusqu'au moment de l'analyse. Ces échantillons permettent de déceler toute souillure introduite du fait de la conservation des échantillons par des agents chimiques;

d) Témoins de filtre — échantillons préparés à partir d'eau ultrapure que l'on a fait passer à travers le dispositif de filtration utilisé sur le terrain; ces échantillons servent à déceler toute souillure qui pourrait être introduite pendant la filtration sur le terrain;

e) Sous-échantillons (fractions d'échantillons) — sous-échantillons obtenus en divisant un échantillon en deux parties ou plus;

f) Échantillons identiques (dans le temps) — échantillons prélevés au même emplacement à des intervalles de temps déterminés (généralement courts);

g) Échantillons enrichis (adjonction d'éléments étalons) — échantillons fractionnés dans lesquels on introduit en plusieurs concentrations différentes les paramètres recherchés afin de déceler toute erreur systématique ou biais dans la méthode d'analyse.

XIII-5.2 Rapports d'évaluation de la qualité

XIII-5.2.1 Des rapports d'évaluation de la qualité devraient être exigés à chaque niveau de contrôle en laboratoire, de l'agent chargé de l'analyse jusqu'au responsable du service.

XIII-5.2.2 L'agent chargé de l'analyse devrait faire rapport sur les points suivants:

a) Variabilité des données concernant les témoins et les étalons;

b) Précision et exactitude des séries d'analyses;

c) Nombre et type d'analyses de contrôle de la qualité dont les résultats présentent des écarts plus importants que prévus, par exemple des écarts types de l'ordre de deux par rapport aux valeurs réelles;

d) Autres points relatifs au contrôle de la qualité, tels que variations entre solutions étalons, réactifs dont on a constaté qu'ils ne répondaient pas aux normes, méthodes utilisées pour le nettoyage, échantillons pour lesquels les informations ne sont pas correctes ou pas satisfaisantes et fréquence des étalonnages d'instrument.

XIII-5.2.3 Les responsables de laboratoires devraient faire rapport, selon le niveau de contrôle, sur les points suivants:

a) Fréquence des plaintes d'usagers/clients;

b) Sessions de formation auxquelles le personnel a participé;

c) Vérifications et contrôles des données d'analyse par rapport à des valeurs anciennes;

d) Études sur le contrôle de la qualité auxquelles le laboratoire a participé;

e) Nouvelles procédures d'analyses adoptées ou modifiées;

f) Précision et exactitude globales des résultats d'ensemble;

g) Autres points relatifs au contrôle de la qualité, tels que incidence des pannes d'instruments et fréquence des vérifications de données.

XIII-5.3 Enregistrement des données

XIII-5.3.1 La valeur 0 ne devrait en aucun cas être enregistrée comme résultat d'une analyse.

NOTE: Si la valeur obtenue est inférieure à la limite de détection correspondant à la méthode appliquée, on devrait le signaler, par exemple, en utilisant la formule «moins de [mentionner ici cette limite]».

XIII-5.3.2 Les valeurs inférieures à la limite de détection pratique ou à la limite de quantification devraient être indiquées comme telles, dans ce dernier cas normalement par la mise entre parenthèses des données.

XIII-5.3.3 Les données quantitatives devraient être accompagnées de mesures de la précision et de l'exactitude, lorsqu'elles sont disponibles, et d'une indication de la fiabilité escomptée, comme l'intervalle de confiance.

NOTE: Un intervalle de confiance est une estimation statistique situant la valeur réelle dans un pourcentage donné de valeurs déterminées entre les limites supérieures et inférieures indiquées, proche de la valeur moyenne déterminée pour l'échantillon.

XIII-6 Sécurité sur le terrain

XIII-6.1 Formation professionnelle

XIII-6.1.1 Le personnel sur le terrain devrait recevoir la formation lui permettant de bien connaître les risques auxquels il peut être exposé, de reconnaître les situations qui pourraient se révéler dangereuses et de prendre des mesures destinées à réduire au minimum les risques.

XIII-6.1.2 La formation professionnelle devrait porter notamment sur la sécurité nautique, les premiers soins sur le terrain, la survie dans les zones non habitées et les méthodes de base pour la réparation des véhicules de transport.

XIII-6.1.3 Les bureaux sur le terrain devraient tenir une liste à jour des cours pertinents sur les questions de sécurité qu'offrent des organismes publics ou privés, ainsi qu'un registre des cours suivis par leur personnel.

XIII-6.1.4 Des cours de perfectionnement devraient être organisés périodiquement.

XIII-6.2 Pratiques générales

XIII-6.2.1 Tous les employés devraient être au courant des procédures de sécurité préconisées par les autorités nationales, et se familiariser avec ces procédures.

XIII-6.2.2 Le personnel sur le terrain devrait pouvoir disposer de tous les renseignements relatifs aux caractéristiques des masses d'eau à l'étude et aux prévisions météorologiques pour la région.

XIII-6.2.3 L'on ne devrait pas effectuer de prélèvement d'échantillons si règnent des conditions météorologiques ou hydrologiques anormales jugées dangereuses pour la sécurité ou la santé du personnel ou risquant de causer des dommages à l'équipement.

XIII-6.2.4 Les équipes travaillant sur le terrain devraient informer le bureau situé sur place du calendrier exact des prélèvements d'échantillons et des itinéraires prévus.

XIII-6.3 Précautions à prendre lors du prélèvement d'échantillons

XIII-6.3.1 Pour chaque type d'emplacement de prélèvement, un ensemble approprié de précautions en matière de sécurité s'impose. C'est ainsi que le personnel sur le terrain devrait:

a) Dans le cas des ponts sur les grandes routes — prévoir des feux et signaux d'avertissement, des vêtements fluorescents et une signalisation sur les câbles de suspension, et tenir compte de la présence de lignes à haute tension;

b) Dans le cas des ponts ferroviaires — connaître les horaires des trains et disposer d'un matériel qui puisse être déplacé rapidement;

c) Dans le cas de la marche dans l'eau — connaître les rives peu sûres, les rochers glissants et les eaux au courant rapide, disposer de perches pour sonder la profondeur, de dispositifs flottants (par exemple, de gilets de sauvetage) et d'un câble de sécurité relié à un

point d'amarrage fixe, être au courant des mesures à prendre en présence de sables mouvants et posséder des vêtements de rechange pour éviter que le port de vêtements humides ne provoque une hypothermie;

d) Dans le cas des bateaux — se conformer aux prescriptions relatives aux bateaux de petite dimension, éviter les voies de navigation très fréquentées, être à deux au moins pour exécuter le travail, disposer d'une alimentation électrique de secours pour les cas d'urgence, de réserves de carburant et de pièces de rechange, ne pas surcharger les embarcations, être muni de dispositifs flottants, porter des vêtements permettant d'éviter les insolations ou l'hypothermie provoquée par des vêtements humides et éviter les débris flottants ou immergés.

XIII-6.3.2 Le personnel sur le terrain devrait avoir reçu une formation lui permettant de reconnaître des situations qui peuvent se révéler dangereuses et de prendre les mesures qui s'imposent pour réduire les risques au minimum. Outre qu'il existe des risques physiques associés à la topographie des lieux, l'eau qui fait l'objet de prélèvements contient parfois des substances chimiques et/ou biologiques qui peuvent être nocives; tout contact avec la peau devrait être évité. La manutention des eaux usées et des effluents industriels exige des précautions particulières.

XIII-6.4 Manutention des produits chimiques et du matériel

XIII-6.4.1 Acides et bases devraient être stockés et manipulés avec soin. Ils ne devraient jamais être pipettés par aspiration avec la bouche. Lors de la manipulation d'acides ou de bases, il faudrait porter constamment des lunettes de sécurié. Après un déversement accidentel, l'on devrait nettoyer immédiatement à grande eau ou procéder à une neutralisation; pour ces opérations, il faudrait porter des gants et un tablier.

XIII-6.4.2 Il y aurait lieu d'éviter toute inhalation de vapeur ou tout contact direct avec la peau, les yeux et les vêtements. Lorsque la peau a été en contact avec un acide ou une base, elle devrait être lavée immédiatement à grande eau; elle devrait ensuite être lavée avec du savon ou essuyée délicatement avec une solution neutralisante.

XIII-6.4.3 Si un produit chimique a pénétré dans les yeux, on les lavera immédiatement à grande eau, en maintenant les paupières ouvertes, le cas échéant. Toute lésion oculaire devrait être traitée dans les plus brefs délais par un spécialiste.

XIII-6.4.4 On devrait éviter d'utiliser du chlorure de mercure (sublimé corrosif), sauf si cela est absolument nécessaire. Si l'opérateur est appelé à en utiliser, il devrait avoir reçu une formation spéciale concernant les risques encourus, et tous les résidus de mercure devraient être récupérés.

XIII-6.4.5 Dans l'élaboration des marches à suivre, on devrait s'efforcer de réduire au minimum les risques d'électrocution associés aux travaux effectués avec du matériel électrique à proximité de l’eau ou en présence d'eau. Le matériel électrique ne devrait jamais être branché directement sur les lignes d'alimentation en électricité, sans fiche ou interrupteur permettant de les débrancher rapidement et facilement.

XIII-6.4.6 Avant d'utiliser des appareils respiratoires autonomes de plongée sous-marine (scaphandre) ou d'autres équipements de plongée, il faudrait toujours les vérifier afin de s'assurer de leur fiabilité.